

نورد فولاد

فصلنامه علمی، تخصصی و مهارتی - شماره ۸ و ۹ - تابستان و پاییز ۱۳۹۷
Khouzestan Oxin Steel Co. شرکت فولاد اکسین خوزستان

KhOuzestan
شرکت فولاد اکسین خوزستان
Oxin Steel Co.



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

و انزلنا الحديد فيه باس شديد و منافع للناس

آیه ۲۵ سوره الحديد

فهرست

صاحب امتیاز: شرکت فولاد اکسین خوزستان-

واحد تحقیق و توسعه

مدیر مسئول: رضا آبدیده

سردبیر: محمد هیزم بر

هیأت تحریریه: نبی اله رازانی، امین آسیابان،

محمد سجاد غفوری، یعقوب غلامی، میلاد خجسته پور،

احمد بساق زاده، مهدی سلطانعلی نژاد، دکتر مصطفی

اسکندری، دکتر سید رضا علوی زارع

مشاور اجرایی و روابط عمومی: مهدی قمر

گروه تامین محتوا و ویراستاری: علیرضا حاجی پور،

آرش آرپناهی، علیرضا افضلی، هدا ختیا

طراحی و صفحه آرایی: کانون تبلیغاتی هدف

نشانی: اهواز، کیلومتر ۱۰ جاده بندر امام خمینی (ره)،

شرکت فولاد اکسین خوزستان، فصلنامه تخصصی نورد فولاد

کد پستی: ۱۳۱۱۱-۶۱۷۸۸، صندوق پستی: ۱۷۳۳-۶۱۷۷۵

تلفکس: ۰۶۱-۳۲۹۰۹۱۶۵

نشانی سایت: www.oxinsteel.ir

پست الکترونیکی: rollingjournal@oxinsteel.ir

چاپ مطالب به منزله تایید دیدگاه پدید آورندگان

آن نیست.

نقل و اقتباس از مطالب این نشریه با ذکر ماخذ آن

بلامانع است. دستورالعمل تهیه مقالات جهت درج

در این نشریه در صفحه آخر ارائه شده است.

صفحه	عنوان
۲	پیام مدیر مسئول
۴	آنالیز عددی جهت کنترل میکرو ساختار در فرایند شکل دهی گرم
۱۰	بررسی روش های کاهش skid mark در کوره های خط نورد گرم
۱۴	بررسی رابطه بین فضیلت سازمانی و سطح اثربخشی عملکرد گروهی کارکنان مورد مطالعه: شرکت فولاد اکسین خوزستان
۲۲	مانیتورینگ و پایش وضعیت آنلاین شبکه صنعتی AS-i در شرکت فولاد اکسین خوزستان
۲۸	مانیتورینگ و کلیدزنی از راه دور پست های برق شرکت فولاد اکسین خوزستان با WinCC و PLC
۳۶	تحلیل روند بازار داخلی ورق فولادی
۴۰	تحلیل روند بازار بین المللی ورق فولادی
۶۵	Microstructure and mechanical property improvement of API X70 in asymmetrical thermomechanical rolling
۷۵	Microstructure, texture evolution and mechanical properties of X70 pipeline steel after different thermomechanical treatments
۷۶	دستورالعمل تهیه مقاله برای فصلنامه تخصصی نورد فولاد

پیام مدیر مسئول

پیشرفت و توسعه صنعتی کشور و دستیابی به اهداف و برنامه های علمی و پژوهشی بخش تولید و تجارت، حاصل تلاش و مساعدت متخصصین و اندیشمندانی است که با بهره گیری از تمام ظرفیت ها و توان در راه تحقیق، پژوهش و توسعه فناوری لحظه ای از هیچ کوششی دریغ نکردند. در این راستا مجله علمی، تخصصی و مهارتی نورد فولاد به عنوان یکی از مجلات علمی به صاحب امتیازی واحد تحقیق و توسعه شرکت فولاد اکسین خوزستان، فعالیت خود را آغاز کرد، و در پی آن، با هدف تکمیل رسالت علمی-فرهنگی خود به حیات خود ادامه خواهد داد. هدف این مجله انعکاس دستاوردهای علمی پژوهشگران و صنعتگران سراسر کشور در حوزه ی نورد فولاد می باشد. این مجله امید دارد با فعالیت خود و با دریافت مقالات و انتشار منظم بصورت فصلنامه، دستاوردهای علمی محققان کشور را به نحو شایسته ای در اختیار علاقه مندان به موضوع پژوهش قرار دهد.

نسخه حاضر فصلنامه تخصصی نورد فولاد همانند شماره های قبلی، شامل چهار بخش "مقالات علمی فارسی"، "بومی سازی در صنعت نورد فولاد"، "تحلیل بازار ورق های فولادی" و "مقالات علمی انگلیسی" می باشد.

بخش اول و چهارم دربرگیرنده چهار مقاله علمی-پژوهشی در موضوعات متالورژی عملیات ترمومکانیکی ورقهای فولادی خطوط انتقال نفت و گاز، بهینه سازی کوره های پیشگرم نورد فولاد و مدیریت منابع انسانی و یک مقاله ترجمه در موضوع "آنالیز عددی جهت کنترل میکرو ساختار در فرآیند شکل دهی گرم" می باشد.

در بخش بومی سازی در صنعت نورد فولاد، دو مقاله یکی با موضوع "مانیتورینگ و پایش وضعیت آنلاین شبکه صنعتی AS-i در شرکت فولاد اکسین خوزستان" و دیگری با موضوع "مانیتورینگ و کلیدزنی از راه دور پست های برق شرکت فولاد اکسین خوزستان با WinCC و PLC"، آورده شده است.

در بخش "تحلیل بازار ورق های فولادی" آخرین تحولات این حوزه گردآوری شده است. در پایان از تمامی پژوهشگران، دانشگاهیان و صنعتگران که با ارسال مقالات و نوشته های خود ما را در تدوین این نشریه یاری کردند سپاسگذاری می نمایم و همواره نظرات خوانندگان گرامی چراغ راه ما خواهد بود.

رضا آبدیده

مقالات علمے

(فارسے)





آنالیز عددی جهت کنترل میکرو ساختار در فرایند شکل دهی گرم

J. Yanagimoto, E. Dupin, J.SH. Liu

ترجمه: فرشید غلامی، علیرضا ساری پور، رضا لری، محمد مطلق سیاحی
شرکت فولاد اکسین خوزستان

چکیده

ایجاد ترکیب بهتر از خصوصیات مکانیکی، استحکام، تغییر طول، چقرمگی و مقاومت به خوردگی، اساس اهمیت فولادهای ساختمانی برای کاربردهای صنعتی می باشد، که این موضوع در مرحله پایانی فرایند تغییر شکل گرم حاصل می شود. آنالیز عددی به منظور پیش بینی میکرو ساختار و برای بهینه سازی پارامترهای فرایند شکل دهی گرم از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود. چراکه میکرو ساختار فلزات ساختمانی تاثیر بسزایی بر روی خواص مکانیکی دارد و به شدت تحت تاثیر شرایط فرایند شکل دهی و ترکیب شیمیایی می باشد. در این مقاله تجزیه و تحلیل های آنلین و آفلاین و بهبود میکرو ساختار به اختصار تشریح شده و همچنین نتایج، با استفاده از فرایند نورد گرم تسمه ارائه شده است. ارتباط تجزیه و تحلیل میکرو ساختاری با پیش بینی خصوصیات سینتیکی در محصول، مورد بحث و بررسی قرار می گیرد و در نهایت طرح تحلیلی برای آلیاژهای مختلف ارائه می شود.

واژگان کلیدی: تغییر شکل، میکرو ساختار، طرح تحلیلی.

۱- مقدمه

گروه دوم تجزیه و تحلیل تغییر فرم از طریق روش المان محدود FEM2 می باشد.

۱-۲- طرح تحلیلی برای تغییر تدریجی میکروساختار:

Sellars و Laasraoui (1979) و Whiteman (1979) و Jonas (1991) بررسی دقیقی بر روی تغییر تدریجی میکروساختار در حین فرآیند نورد گرم فولادها انجام دادند و نتایج تجربی خود را به عنوان یک مدل تجربی به صورت خلاصه ارائه دادند. این مدل‌های تجربی برای پیش بینی فرایندهای نورد گرم توسط Sellars و Beynon در ۱۹۹۲ مورد استفاده قرار گرفتند.

آنها در تجزیه و تحلیل هایشان، طرح تحلیلی را به عنوان معادله تغییر تدریجی و سینیتیکها را به عنوان ژنوم ماده مورد استفاده قرار دادند که همیشه قابل تشخیص نبوده، زیرا تغییرات گذرا در دما و میزان کرنشها نمی توانند در تغییر ساختار منعکس شوند.

Yada (1983) و Senuma (1984) اندازه تغییر تدریجی فولادهای C-Si-Mn را در فشار گرم به صورت گسترده مورد بررسی قرار دادند و معادلاتی را بر روی سینیتیک هایی مانند کارسختی، بازیابی استاتیکی و دینامیکی، تبلور مجدد دینامیکی و استاتیکی و رشد دانه ها (که خود تابعی از متغیرهای فرآیندی، مثل دما، نرخ کرنش و کرنش هستند) ایجاد کردند. آنها مدل تحلیلی برای پیش بینی تنش جریان و تغییر تدریجی میکروساختار با در نظر گرفتن دانسیته نابجایی ها به عنوان یک متغیر ارائه کردند.

Senuma (1984b) همچنین مدل ایجاد شده را با استفاده از تعریف های مختلف در جهت تخمین تغییر تدریجی میکروساختار و تنش جریان، بعد از تغییرات گذرا در متغیرهای فرآیند مثل دما و نرخ کرنش در نظر گرفتند. با این حال این تلاشها به علت نارسایی در حل عددی فرم دیفرانسیلی آنها به طور کامل موفقیت آمیز نبود. آنالیز المان محدود فرآیند تغییر شکل فلز در دهه ۱۹۸۰ انتشار یافت به عنوان مثال FEM می تواند تغییرات گذرا در دما و نرخ کرنش در هر نقطه از ساختار فلز در طول تغییر فرم را ارائه دهد. ما نیازمند دستاوردهای جدید برای انعکاس تغییرات گذرا در متغیرهای فرآیند در تکامل تدریجی میکروساختار هستیم. اعمال جابجایی ها و تغییرات گذرا در بسط و ارتجاع و تنش تحلیلی به وسیله Kopp و Karhausen در سال ۱۹۹۲ صورت گرفت و همچنین افزایش دانسیته نابجایی ها و روش آنالیز تکامل تدریجی میکروساختار توسط Yanagimoto در سال ۱۹۹۸ انجام شد. این فرمول سازی (معادله سازی) در حالت های استاتیکی توسط Yanagimoto و Lio در سال (۱۹۹۹) بسط داده شد و استحاله های فازی نیز در این فرمولاسیون در سال (۲۰۰۱) به کار گرفته شد.

تقاضای زیاد برای فلزات ساختمانی به سبب خصوصیات مکانیکی مثل مقاومت، تغییر طول، چقرمگی و مقاومت در برابر خوردگی بالای آنها می باشد. این خصوصیات تابع میکروساختار تغییر شکل داده شده محصول است. بنابراین بهینه سازی شرایط تغییر شکل یا پارامترهای فرآیند تغییر شکل با استفاده از میکروساختار محصول نهایی با مقادیر مشخص، در تحقیقات تکنولوژیکی تغییر شکل گرم حاصل می شود. بهینه سازی شرایط نورد دارای دو جنبه تکنولوژی های نرم افزاری و سخت افزاری می باشد. تکنولوژی سخت افزاری مانند فرآیند نورد کنترل شده، قفسه نورد با کاهش ضخامت بالا، سیستمهای خنک کاری سریع و کنترل شده و سیستم کوئل که در ده های گذشته پیشرفت های زیادی داشته اند، توسط Ouchi (2001) مورد بازبینی قرار گرفته اند. دستاوردهای عمده تکنولوژی های سخت افزاری در تولید میکرو آلیاژها بوده که با استفاده از کنترل تغییرات میکروساختار فلز در حین تغییر شکل بدست می آید (Ouchi (2001) و Tamura (1987).

اگرچه تکنولوژی های نرم افزاری و سخت افزاری به تنهایی در کاربردهای صنعتی در تضاد با یکدیگر هستند با این حال می بایست در کنار یکدیگر مورد استفاده قرار گیرند. هدف از این مقاله اشاره به وضعیت فعلی و مشکلات باقی مانده در تشخیص میکروساختار و پیش بینی خصوصیات سینیتیکی برای محدوده وسیع از فلزات ساختمانی تغییر شکل داده شده می باشد.

۲- روش تحلیلی تغییر شکل میکروساختار در ناحیه پلاستیک در فرآیند شکل دهی گرم

روش تحلیلی در تغییرات تدریجی میکروساختار در دو گروه طبقه بندی می شود.

اولین گروه طرح تجزیه و تحلیل میکروساختار، شامل معادله تغییر تدریجی برای بررسی ساختار دانه، که تحت کنترل پدیده های متالورژیکی مانند کار سختی، بازیابی و تبلور مجدد مواد بوده و توسط تغییرات گذرا در دماها و میزان کرنش در هر نقطه از ماده ایجاد می شود.

این طرح تحلیلی، سینیتیک تغییر تدریجی میکروساختار را شامل شده (که به وسیله Yanagimoto ژنوم ماده نام گذاری شده است) و جهت آنالیز شرایط مرز دانه نیز استفاده می شود. همچنین برای معادله تغییر تدریجی و سینیتیکی که به عنوان ژنوم ماده قبلا تشخیص داده نمی شدند مورد استفاده قرار می گیرد.

۲-۲- آنالیز تغییر فرم:

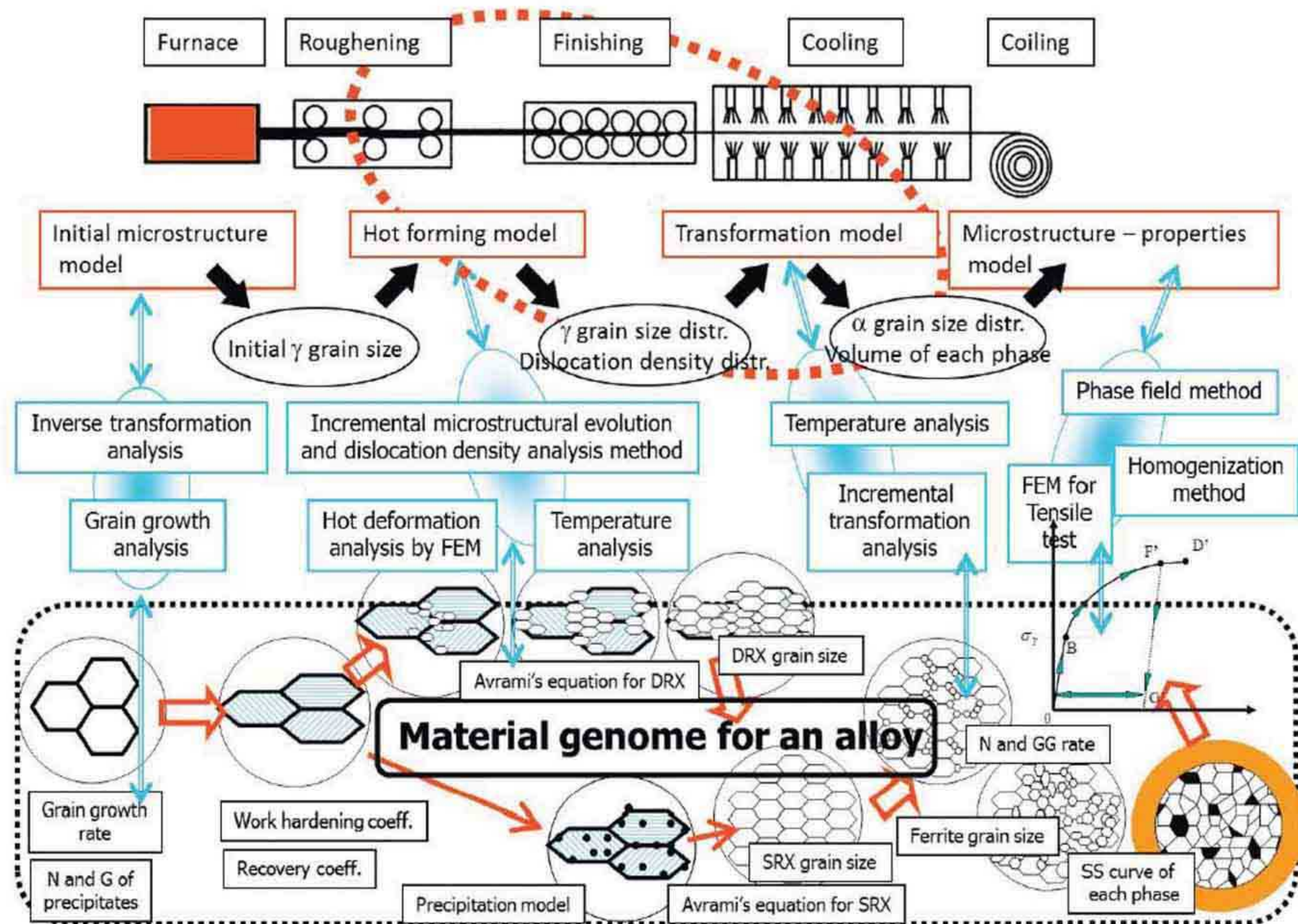
تغییر شکل دارای دو تابع مهم می باشد: اول ایجاد یک محصول با هندسه مشخص و دیگری بدست آوردن خصوصیات مکانیکی مورد نظر است. تولید یک محصول با هندسه مشخص به وسیله طراحی قالب و شرایط تغییر فرم برای ماده مورد نظر تحقق می یابد. آنالیز تغییر فرم ماده تغییر شکل داده شده از اهمیت بالایی برخوردار است. از اواخر قرن بیستم، آنالیز المان محدود در فرآیند تغییر شکل فلزات به کار گرفته شد، این کار توسط Mori و Osakada در سال ۱۹۸۲ انجام گرفت. امروزه استفاده از نرم افزارهای مهندسی مانند سیستم های CAE¹ برای فرایندهای تغییر فرم فلزات به صورت گسترده در صنایع مورد استفاده قرار می گیرد. توسط این سیستمها توزیع سه بعدی کرنش در دماهای مختلف را می توان مورد بررسی قرار داد.

همچنین حالات و تغییرات گذرا بر سیستم را (حتی در داخل فلز) می توان شناسایی و بررسی نمود.

در نهایت می توان با این سیستم ها تغییر تدریجی میکرو ساختار فلز را شبیه سازی نمود و با توجه به این میکرو ساختار به خصوصیات مکانیکی محصول نهایی پی برد.

۲-۳- آنالیز میکرو ساختار ایجاد شده از تغییر شکل پلاستیک در شکل دهی گرم:

یک ساختار کلی از طرح تحلیلی در شکل ۱ نمایش داده شده است در این شکل نورد گرم تسمه به عنوان نمونه در نظر گرفته شده است. کل طرح تحلیلی برای بررسی تغییرات تدریجی میکرو ساختار به چندین قسمت تقسیم می شود: مدل میکرو ساختار ابتدایی- مدل میکرو ساختار در حین تغییر فرم گرم- مدل دگرگون شده و مدل میکرو ساختار ویژه. مدل میکرو ساختار ویژه کانون بررسی های پایه ای بسیاری است، اما با این حال دستاوردهای زیادی نداشته است. مدل میکرو ساختار در حین تغییر فرم گرم و مدل دگرگون شده با هم تحت آنالیز المان محدود سه بعدی در



شکل ۱- مدل یکپارچه تغییر تدریجی میکرو ساختار در فرایند تغییر شکل گرم

در شکل ۳ نشان داده شده است. خصوصیات سینیتیکی به شدت به ساختمان فلز وابسته است. هر مدل باید دربرگیرنده اثرات مورفولوژی های پیچیده در فولادهای مدرنی همانند فولادهای مقاومت بالا باشد تا بتوان دقت پیش بینی خصوصیات سینیتیکی (مثل منحنی تنش کرنش) را بالا برد، چراکه این خصوصیات سینیتیکی به عنوان داده های ورودی در تجزیه و تحلیل ها استفاده می شوند. به منظور تعیین تغییرات خواص سینیتیکی به عنوان تابعی از میکروساختار و مورفولوژی های مختلف، به تعداد زیادی از طرح های تحلیلی و تجربی نیاز است.

بعلاوه، ژنوم ماده که معادله ای تجربی است و تشریح کننده کار سختی، بازیابی و تبلور مجدد (به عنوان تابعی از نرخ کرنش) و همچنین کرنش و دما برای هر ترکیب شیمیایی آلیاژ است، در بررسی فولادهای ساختمانی به خوبی مد نظر قرار گرفته است. فلزات ساختمانی تجاری متفاوتی وجود دارد لذا، جهت دستیابی به ژنوم هر فلز نیازمند انجام آزمایشات متعددی هستیم. به عنوان نمونه ژنوم فولادی که در این مقاله ارائه شده مربوط به فولادهایی است که دارای عناصر Cr-Mo-V هستند و همینطور فولادهای ضد زنگ می باشند که در جدول ۱ نشان داده شده اند. اما می توان با انجام آزمایشات دشوارتر به رمزگشایی ژنوم مواد دست پیدا کنیم.

می توان تاکید کرد که روشهای عددی خلاقانه تشریح کننده: (۱) ارتباط خصوصیات مکانیکی و میکرو ساختار هستند. (۲) سینیتیک تغییر میکرو ساختار به عنوان تابعی از نرخ کرنش و دما هستند و در آینده ای نزدیک به شدت مورد نیاز خواهند بود.

این روشها می بایست توانایی پیش بینی موارد فوق را برای ترکیبات میکروساختاری متنوع تر و پیچیده تر را داشته باشند.

۴- نتیجه گیری

آنالیز عددی میکرو ساختار پس از انجام تغییر شکل گرم فلزات ساختمانی در این مقاله تشریح گردید.

Defects of formed sheet	Kinetic properties of material					
	Yield stress, σ_f	Tensile strength, T_s	Total elongation	n-value (strain hardening)	r-value	Young's modulus
Fracture in flange	-	-	-	**	***	-
Fracture in body	-	*	***	**	*	-
Fracture in bending	-	*	**	*	**	-
Wrinkles in flange	***	*	-	*	**	-
Wrinkles in body	***	*	-	**	**	-
Surface strain	***	*	-	**	*	-
Others	***	*	-	**	**	-
Geometry	***	*	-	**	..or*	-

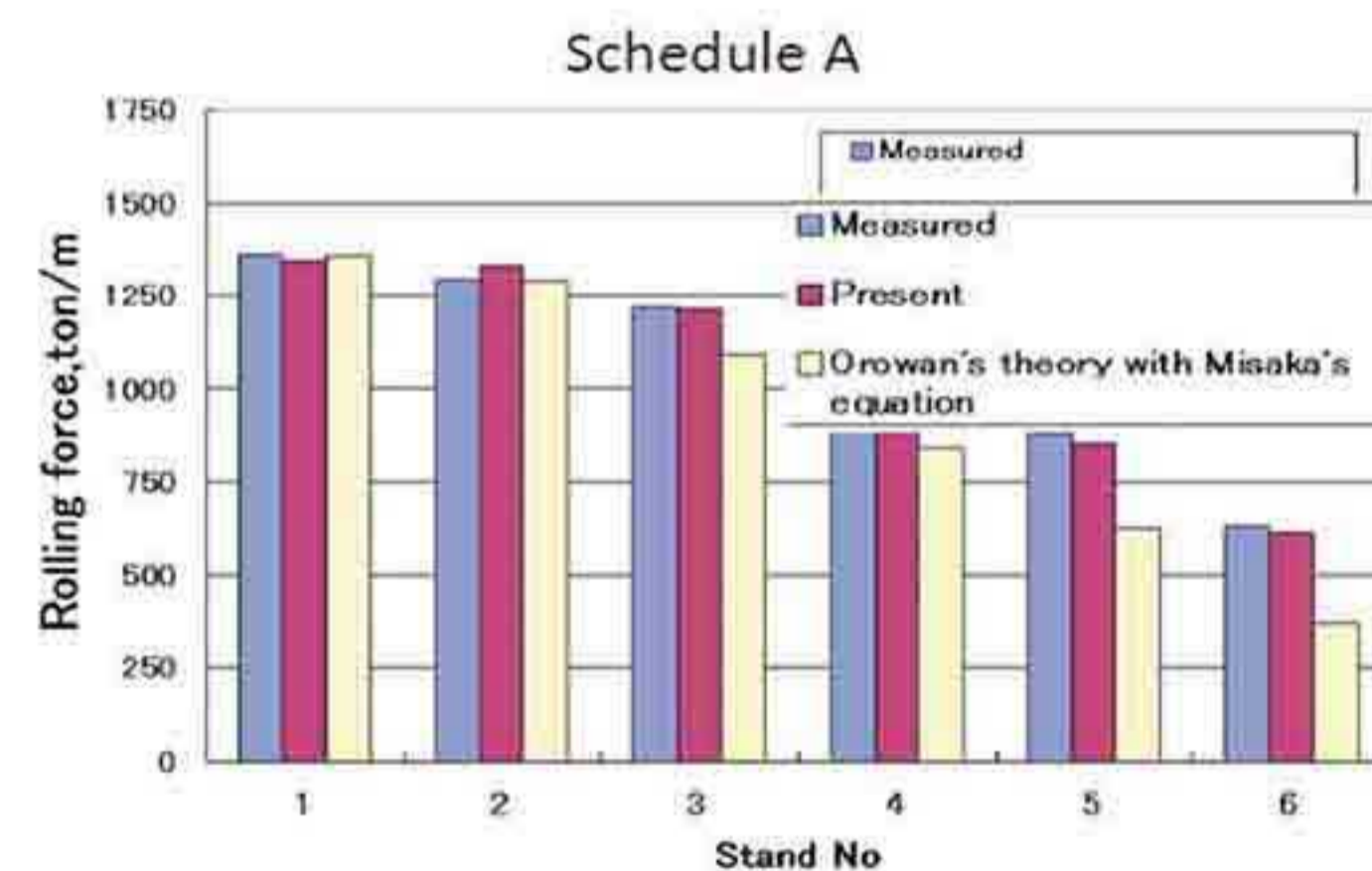
شکل ۳- اثرات خصوصیات سینیتیکی به نقایص در تغییر شکل ماده اولیه. هندبوک تغییر شکل ۱۹۹۷

فرآیندهای گوناگون نوردی قرار داده شدند. شکل ۲ نتایج آنالیز میکرو ساختار ایجاد شده در فرایند نورد تسمه با شش غلتک متوالی برای ارزیابی اثرات تعادلی کاهش ضخامت نهایی روی میکرو ساختار انتهایی پس از تغییر فرم کامل را نشان می دهد. این نتایج توسط Morimoto در سال ۲۰۰۷ بدست آمده است. از دانسیته نابجایی ها که بصورت افزایشی است و همینطور روش آنالیز تغییر تدریجی میکرو ساختار برای تخمین دانسیته نابجایی و میکرو ساختار ایجاد شده در حین تغییر فرم استفاده می شود. دما در قفسه نهایی نورد C850° و کاهش ضخامت ها 48% - 42% - 37% - 36% - 29% و 20% در نورد معمولی A 1 و در نورد جدید B دمای خروجی 750°C و کاهش ضخامت ها 38% - 37% - 32% - 40% - 41% و 38% می باشند.

کاهش ضخامت های بیشتر در قفسه های نورد انتهایی باعث تولید تسمه فولادی با دانه های ریز تر می شود. نتایج تحلیلی به خوبی با اندازه های تجربی هماهنگ است.

۳- الزامات مورد نیاز برای پیش بینی ویژگی های سینیتیکی و ژنوم مواد

در مدل آنالیز، جهت بهینه سازی و کنترل نورد گرم تسمه، پیش بینی ویژگی سینیتیکی تسمه نورد شده انجام شده است که این کار توسط Shivpuri و Agarwal در سال ۲۰۱۲ و Ohara و همکاران در سال ۲۰۱۴ ارائه شد. معادلات تجربی ارائه شده نیز توسط Pickering در سال ۱۹۷۸ خلاصه سازی شده است. مدل ویژگی سینیتیکی برای پیش بینی خصوصیات سینیتیکی کافی است. این مدل با وارد کردن متغیرهای بدست آمده از مدل آنالیز میکروساختاری به عنوان پارامترهای ورودی حاصل می شود.



Schedule A (conventional): Higher reductions in earlier stand in FT
Schedule B (new): High reductions in latter stands in finishing trains

شکل ۲- نیروی نورد، اندازه و حجم دانه فریت هر فاز پس از نورد

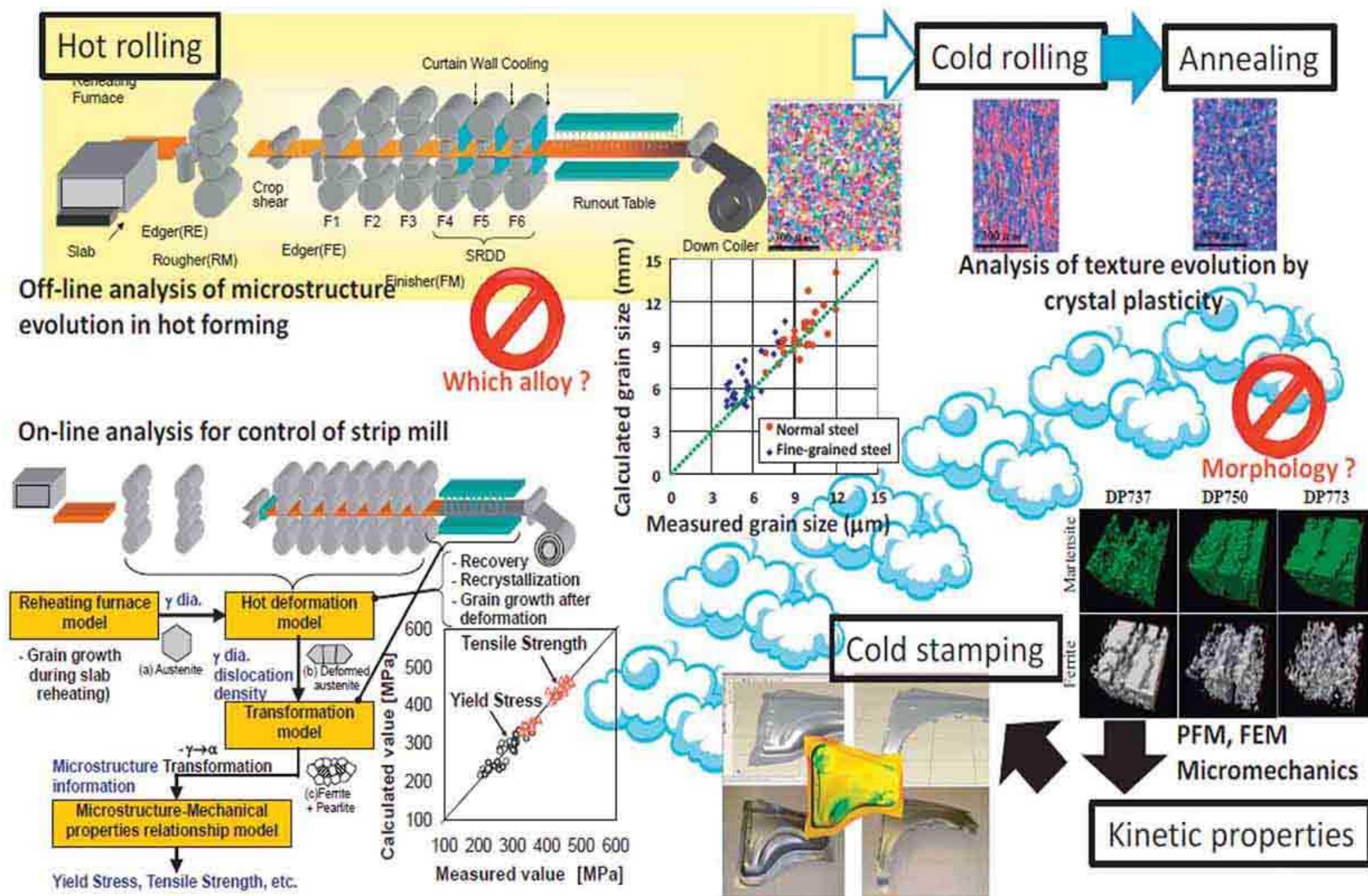
با این حال در آنالیز آفلاین، مدل ویژگی میکرو ساختار به علت نیاز به دقت بالا و همینطور وجود میکرو ساختارهای پیچیده تا کنون به طور کامل تشخیص داده نشده است. نقایص نمونه ها، مطابق با خصوصیات سینیتیکی مواد اولیه

جدول ۱- ژنوم ماده برای فولاد C-Si-Mn و فولاد زنگ نزن ۳۱۶

Parameter	Plain C-Si-Mn Steel	Cr-Mo-V steel	316 Stainless Steel
Initial grain size, d_0	63 μm	120 μm	55 μm
Activation energy, Q_{DRX}	266 kJ/mol	433 kJ/mol	368 kJ/mol
Work hardening coef., c	1.08×10^{13}	2.17×10^{11}	2.87×10^{11}
Dynamic recovery coef., b	$9850 \left[\varepsilon^{0.685} \exp\left(\frac{-8000}{T}\right) \right]$	$1.54 \times 10^6 \left[\varepsilon^{0.49} \exp\left(\frac{-14200}{T}\right) \right]$	$11820 \left[\varepsilon^{0.67} \exp\left(\frac{-10864}{T}\right) \right]$
Critical strain, ε_c	$4.76 \times 10^{-4} \left[\exp\left(\frac{8000}{T}\right) \right]$	$0.08 \left[\varepsilon \exp\left(\frac{38800}{T}\right) \right]^{0.054}$	$0.019 \left[\varepsilon \exp\left(\frac{44900}{T}\right) \right]^{0.09}$
Rate of DRX, G	$\frac{0.693}{\left(7.63 \times 10^{-5} \left[\varepsilon^{0.05} \exp\left(\frac{6420}{T}\right) \right] \right)^2}$	$9.24 \times 10^4 \left[\varepsilon^{-0.5} \exp\left(\frac{-15000}{T}\right) \right]$	$191252 \left[\varepsilon^{-0.31} \exp\left(\frac{-15747}{T}\right) \right]$
Volume Fraction, X_{DRX}	$1 - \exp(-G(\varepsilon - \varepsilon_c)^2)$	$1 - \exp(-G(\varepsilon - \varepsilon_c)^2)$	$1 - \exp(-G(\varepsilon - \varepsilon_c)^2)$
Grain size, d_{DRX}	$22600 \left[\varepsilon^{-0.27} \exp\left(\frac{-32000}{T}\right) \right]^{0.27}$	$1683 \left[\varepsilon^{0.15} \exp\left(\frac{-7500}{T}\right) \right]$	$27000 \left[\varepsilon^{-0.2} \exp\left(\frac{-13000}{T}\right) \right]$
Time 50% SRX, $t_{0.5}$	$2.3 \times 10^{-9} \left[\varepsilon^{-0.2} \exp\left(\frac{150000}{RT}\right) \right]$	$1.04 \times 10^{-13} \left[\varepsilon^{-1.04} \exp\left(\frac{318000}{RT}\right) \right]$	$8.4 \times 10^{-9} \left[\varepsilon^{-0.4} \exp\left(\frac{219000}{RT}\right) \right]$
Volume Fraction, X_{SRX}	$1 - \exp\left(-0.693 \left(\frac{t}{t_{0.5}}\right)^2\right)$	$1 - \exp\left(-0.693 \left(\frac{t}{t_{0.5}}\right)^{1.31}\right)$	$1 - \exp\left(-0.693 \left(\frac{t}{t_{0.5}}\right)^{0.87}\right)$
Grain size, d_{SRX}	$\frac{5}{\left[\left(\frac{24}{\pi d_0} (0.491e^{\varepsilon} + 0.155e^{-\varepsilon} + 0.143e^{-3\varepsilon}) \right) \right]^{0.6}}$	$254 \left[\varepsilon^{-0.67} \exp\left(\frac{-3920}{T}\right) \right]$	$265 \left[\varepsilon^{0.4} \exp\left(\frac{-4100}{T}\right) \right]$

تعیین سینتیکیهای بازبازی و تبلور مجدد نیاز است. دوم ارتباط بین خصوصیات مکانیکی و میکرو ساختار برای هر آلیاژی که تغییر فرم داده می شود. شکل ۴ نشان می دهد که حل این مشکلات در پیچه های جدیدی را در علوم ساخت باز خواهد کرد و به طور همزمان امکان طراحی و بهینه سازی محصولات تولیدی را ایجاد خواهد کرد.

به دلیل وجود مسایل و پیچیدگی های متفاوت در طراحی عدد، به کارگیری عملی مدل های ثبت شده (مدلهایی که از قبل آزمایش و ثبت شده اند) در فرایندهای صنعتی به خودی خود و به شکل دقیق قابل اجرا نمی باشند. در اینجا لازم است به دو اشکال مهم اشاره کنیم: اول عدم دقت در تشخیص دقیق ژنوم ماده یا توابعی که برای



شکل ۴- سلسله مراتب تجزیه و تحلیل تکامل ریز ساختار

Formulation for the Prediction of Microstructural Change in Multi-pass Hot Forming, *ISIJ Int.* 39, 171-175.

[14] J.S. Liu, J. Yanagimoto, 2001. The Analysis of Phase Transforming for the Prediction of Microstructure Change after Hot Forming, *ISIJ Int.* 41, 1510-1516.

[15] K. Mori, K. Osakada, 1982. Simulation of Plane-strain Rolling by the Rigid-plastic Finite Element Method, *Int. J. Mech. Sci.* 24, 519-527.

[16] T. Morimoto, I. Chikushi, J. Yanagimoto, 2007. Combined Macro-Micro Modeling for Rolling Force and Microstructure Evolution to Produce Fine Grain Hot Strip in Tandem Hot Strip Rolling, *ISIJ Int.* 47, 1475-1484.

[17] F.B. Pickering, 1978. *Physical Metallurgy and the Design of Steels*, Elsevier.

[18] K. Agarwal, R. Shivpuri, 2012. An On-Line Hierarchical Decomposition Based Bayesian Model for Quality Prediction during Hot Strip Rolling, *ISIJ Int.*, 52, 1862-1871.

[19] K. Ohara, M. Tsugeno, H. Imanari, Y. Sakiyama, K. Kitagoh, J. Yanagimoto, 2014. Process Optimization for the Manufacturing of Sheets with Estimated Balance between Product Quality and Energy Consumption, *CIRP Annals Manufacturing Technology* 63, in press.

[20] M. Soltanpour, J. Yanagimoto, 2012. Material Data for the Kinetics of Microstructure Evolution of Cr-Mo-V Steel in Hot Forming, *Journal of Materials Processing Technology*, 212-2, 417-426.

[21] E.E.V. Dupin, A. Yanagida, J. Yanagimoto, 2014. Modelling Static and Dynamic Kinetics of Microstructure Evolution in Type 316 Austenitic Stainless Steel, *Steel Research International*, in press.

۵-مراجع

[1] C. Ouchi, 2001. Development of Steel Plates by Intensive Use of TMCP and Direct Quenching Processes, *ISIJ Int.* 41, 542-553.

[2] I. Tamura, 1987. Some Fundamental Steps in Thermomechanical Processing of Steels, *Trans. ISIJ* 27, 763-779.

[3] J. Yanagimoto, 2008. Numerical Analysis for the Prediction of Microstructure after Hot Forming of Structural Metals, *Materials Transactions*, 50-7, 1620-1625.

[4] J. Yanagimoto, 2001. Younger Scientist's Forum in Tokyo, *Journal of the JSTP* 42-484, 464.

[5] C.M. Sellars, J.A. Whiteman, 1979. Recrystallization and Grain Growth in Hot Rolling, *Metal Science* 13, 187-194.

[6] A. Laasraoui, J.J. Jonas, 1991. Prediction of Temperature Distribution, Flow Stress and Microstructure During the Multipass Hot rolling of Steel Plate and Strip, *ISIJ Int.* 31, 95-105.

[7] J.H. Beynon, C.M. Sellars, 1992. Modelling Microstructure and Its Effects During Multipass Hot-rolling, *ISIJ Int.* 32, 359-367.

[8] H. Yada, N. Matsuzu, K. Nakajima, K. Watanabe, H. Tokita, 1983. Strength and Structural Changes under High Strain-rate Hot Deformation of C Steels, *Transactions ISIJ* 23, 100-109.

[9] T. Senuma, H. Yada, Y. Matsumura, T. Futamura, 1984. Structure of Austenite of Carbon Steels in High Speed Hot Working Processes, *Tetsu-to-Hagane* 70, 2112-2119.

[10] T. Senuma, H. Yada, Y. Matsumura, S. Hamazu, K. Nakajima, 1984. Calculation Model of Resistance to Hot Deformation in Consideration of Metallurgical Phenomena in Continuous Hot Deformation Processes, *Tetsu-to-Hagane* 70, 1392-1399.

[11] K. Karhausen, R. Kopp, 1992. Model for Integrated Process and Microstructure Simulation in Hot Forming, *Steel Res.*, 63 (1992) 247-256.

[12] J. Yanagimoto, K. Karhausen, A.J. Brand, R. Kopp, 1998. Incremental Formulation for the Prediction of Flow Stress and Microstructural Change in Hot Forming, *Trans. ASME, J. Manufact. Sci. Eng.* 120 (1998) 316-322.

[13] J. Yanagimoto, J.S. Liu, 1999. Incremental



بررسی روش‌های کاهش skid mark در کوره‌های خط نورد گرم

محمی‌الدین رحمانی^۱، ایمان محمدزاده، ابوذری سالاری چینه، رضا آبدیده
شرکت فولاد اکسین خوزستان

مقدمه

در این نواحی از سایر قسمت‌ها پایین‌تر می‌شود که این موضوع علاوه بر ناهمگن کردن توزیع دما در تختال، باعث می‌شود که هنگام نورد تختال مورد نظر، در نقاطی که skid mark رخ داده است نیروی بیشتری به قفسه‌ی نوردی وارد شود که تکرار این پدیده در هر پاس نوردی، می‌تواند در درازمدت آسیب‌های جدی و بعضاً جبران‌ناپذیری را به سیستم وارد کند.

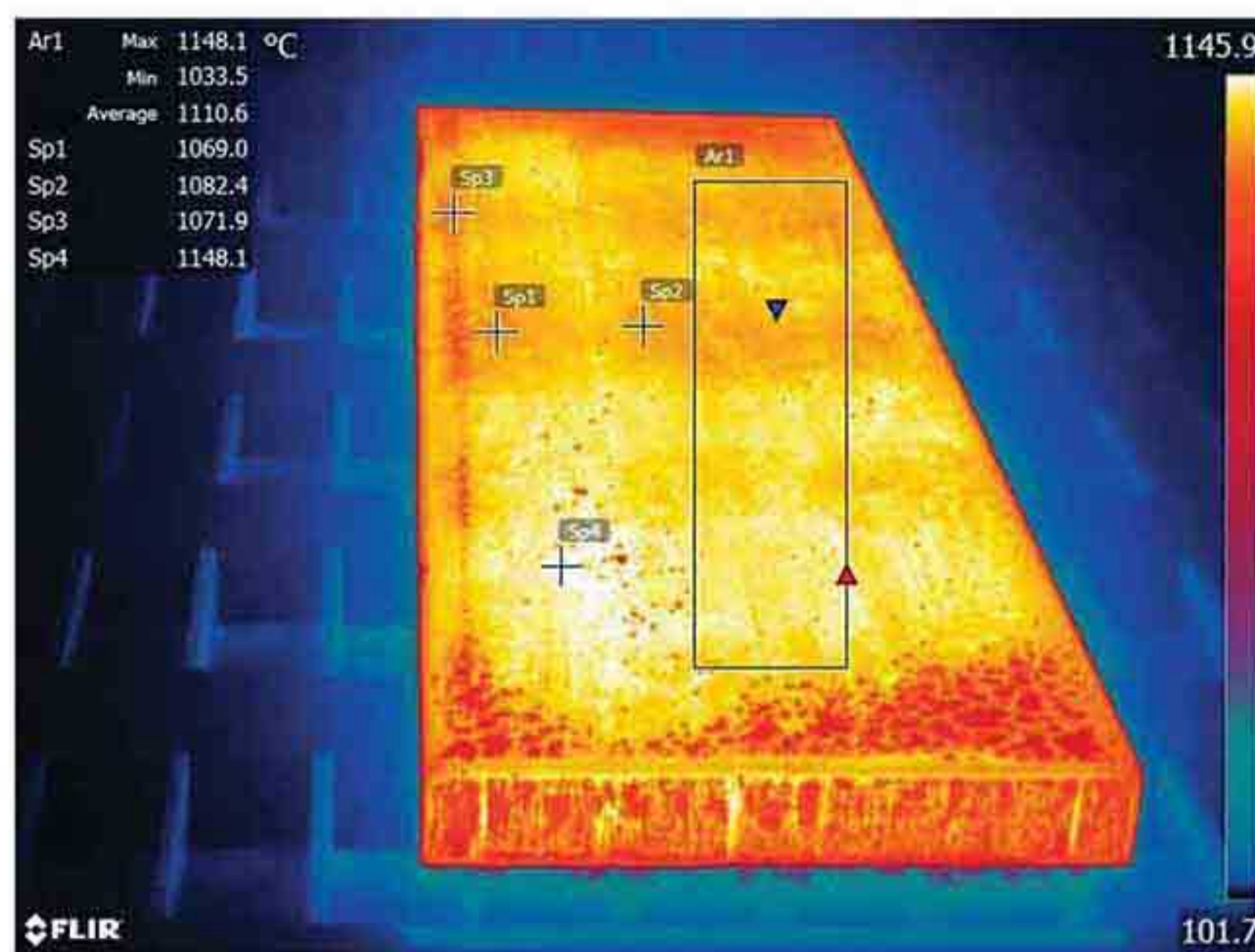
گرچه در کوره‌های پیش‌گرم شرکت فولاد اکسین خوزستان، طراحی beam های ثابت و متحرک در کوره‌ها به‌گونه‌ای است که در اواسط کوره، این beam ها به میزان مشخص در عرض کوره جابجا می‌گردند تا skid mark در تختال کمتر شود، ولی با این وجود با افزایش سرعت نورد و کاهش زمان ماندگاری تختال‌ها درون کوره و همچنین گرمایش نامناسب، توزیع دمایی در تختال‌ها همگن نمی‌شود و skid mark ها در تختال تشدید می‌شوند؛ به‌گونه‌ای که آثار آن‌ها در سطح تختال نیز قابل مشاهده می‌شود. این اختلاف دما در تختال، مشکلات عدیده‌ای را به وجود می‌آورد که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به

در بازار ورق‌های فولادی، شاید بتوان گفت که کیفیت محصولی که به مشتری تحویل داده می‌شود، مهم‌ترین پارامتری است که باید در مورد آن دقت به خرج داده شود؛ زیرا کیفیت محصولات است که در کنار سودآوری می‌تواند برای یک شرکت، اعتبار به دنبال بیاورد.

در شرکت‌های نوردی گرم، یکی از عوامل موثر در حصول کیفیت محصولات نهایی، پیش‌گرم مناسب مواد اولیه است؛ بدین منظور در شرکت‌های مختلف، در ابتدای خط تولید از کوره‌های پیش‌گرم با تکنولوژی‌های متفاوت استفاده می‌شود. در شرکت فولاد اکسین خوزستان، از کوره‌هایی استفاده می‌شود که برای انتقال تختال از سیستم گام‌زنی بهره می‌برند. این سیستم باعث می‌شود که در محل برخورد beam ها با تختال، انتقال حرارت به خوبی انجام نشده و پدیده‌ای به نام skid mark رخ دهد؛ Skid mark ها معمولاً ۴ عدد بوده (۲ عدد مربوط به walking beam و ۲ عدد مربوط به fixed beam) و با چشم قابل رویت هستند.

به دلیل عدم انتقال مناسب حرارت در این نقاط، دمای تختال

1- Mo.rahmani@oxinsteel.ir



دمای Skid mark ها و نقاط معمولی با دوربین ترموگرافی

در شکل بالا دمای نقاط مختلف تختال با استفاده از دوربین ترموگرافی در شرکت فولاد اکسین خوزستان ثبت شده است. مقایسه‌ی دمای نقاط دارای skid mark با سایر نقاط تختال، اختلاف دمایی نزدیک به ۸۰ درجه‌ی سلسیوس را نشان می‌دهد. همچنین مقایسه‌ی مکان این نقاط در طول تختال، با محل وقوع قله‌های نیروی لحظه‌ای قفسه‌ی نوردی، این فرضیه را تایید می‌کند که قله‌های نیروی لحظه‌ای، کاملاً منطبق بر ۴ ناحیه‌ی دارای skid mark در تختال هستند؛ بنابراین وقوع skid mark در تختال باعث افت دمای ناحیه‌ی مورد نظر شده و در نتیجه نیروی اعمالی از جانب قفسه‌ی نوردی جهت نورد این ناحیه از تختال، افزایش پیدا می‌کند.

پر واضح است در یک ساختار ناهمگن و ناهمسان‌گرد، پس از فرآیندهای شکل‌دهی (از جمله نورد)، خواص مکانیکی غیر یکنواخت و غیر قابل پیش‌بینی در بخش‌های مختلف محصول به وجود می‌آید که می‌توانند در فرآیند ساخت یا بهره‌برداری محصولات نهایی از جمله لوله‌ها، مخازن تحت فشار و... اثرات مخرب یا حتی ویرانگر داشته باشند.

وجود skid mark در تختال موجب پراکندگی خواص مکانیکی در ورق می‌شود؛ این خواص مکانیکی غیرهمگن، منجر به رفتار غیریکنواخت در فرآیند roll forming خواهند شد.

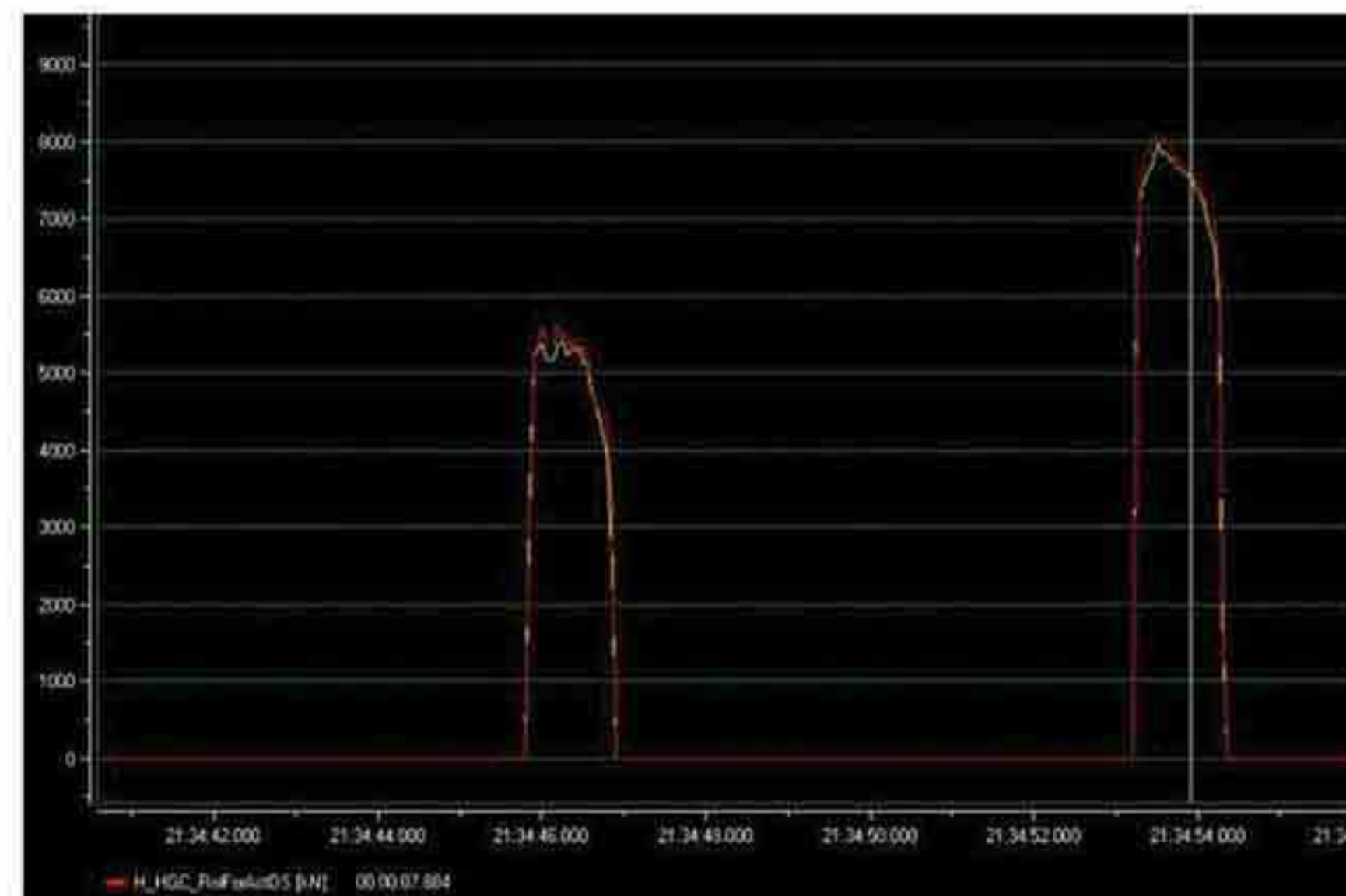
همچنین نقاط دارای skid mark محتمل‌ترین نقاط جهت reject شدن در تست هیدرولیکی^۵ هستند.

نتایج آزمایشگاهی نیز احتمالاً مؤید آثار منفی ناشی از تاثیر Skid mark ها بر خواص مکانیکی محصولات تولیدی خواهند بود که ارائه‌ی راهکاری جهت کاهش skid mark در تختال‌ها، می‌تواند به کاهش این آثار و ارتقا کیفیت محصولات تولیدی کمک کند.

5 - Hydro Test

موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- عدم همگن بودن ساختار نهایی محصول تولیدی
- ۲- عدم توانایی کنترل مناسب برخی از پارامترهای نوردی از قبیل: اسکی، صافی سطح محصول تولیدی، بروز موج‌های ثانویه در زمان خنک شدن و...
- ۳- اعمال نیرو و گشتاور لحظه‌ای بالا در حین نورد



نمودار نیروی قفسه‌ی نوردی در پاس‌های عرضی



نمودار نیروی قفسه‌ی نوردی در پاس‌های طولی

همان‌گونه که در نمودارهای بالا قابل مشاهده است، در پاس‌های عرضی^۲ به دلیل اینکه skid mark ها همراستای نورد قرار می‌گیرند، نوسانی در نمودار نیرو به وجود نمی‌آید؛ ولی در پاس‌های طولی^۳، در هر پاس نوردی ۴ قله^۴ در نمودار نیرو ایجاد می‌شود که این اختلاف‌ها در میزان نیروی اعمالی از طرف قفسه‌ی نوردی، مربوط به skid mark بوده و از نظر عددی معمولاً حدود ۲۰۰۰ KN است؛ به این ترتیب که معمولاً قله‌های با اندازه‌ی بیشتر مربوط به skid mark ناشی از fixed beam و قله‌های با اندازه‌ی کمتر مربوط به skid mark های ناشی از walking beam می‌باشند.

2 - BroadSide Pass

3 - Finishing Pass

4 - Peak

راهکارهای زمان طراحی

• ایجاد فاصله مناسب بین دیواره‌ی کوره و fixed beam

با توجه به ساختار کوره، ترکیب سیالات (گاز و هوا) در فضای بین دیواره‌ی جانبی کوره و fixed beam، از حالت مطلوب و ایده‌آل فاصله می‌گیرد؛ متعاقباً گرمایش ناقص در این قسمت از کوره موجب می‌شود که همیشه skid mark نزدیک به این قسمت (که ناشی از fixed beam است)، شدیدتر بوده و از نظر دمایی، اختلاف بیشتری با سایر قسمت‌های تختال پیدا کند. این موضوع گرچه در کاهش شدت skid mark نزدیک به دیواره‌ی کوره تاثیر خواهد گذاشت و باعث یکنواخت‌تر شدن توزیع دمایی در این قسمت از تختال می‌شود، ولی از نظر پارامترهای اقتصادی و نیز استفاده‌ی بهینه از فضای در اختیار، در تعداد کمی از شرکت‌های فولادی قابل اجراست و بسیاری از شرکت‌ها، در فاز طراحی از این موضوع چشم‌پوشی کرده و سعی می‌کنند که در زمان بهره‌برداری، با استفاده از گرمایش بیشتر و بعضاً بالا بردن زمان ماندگاری تختال در soaking zone، بر این موضوع فائق آیند.

البته لازم به ذکر است که با توجه به مشخصات ورق تولیدی، میزان مشخصی از skid mark قابل قبول است و موارد ذکر شده در پاراگراف‌های قبل به معنای از بین بردن کامل skid mark نمی‌باشند.

• افزایش ارتفاع skid buttons

Skid button ها تحت تاثیر آب خنک‌کاری beam ها قرار دارند و به همین دلیل دمای پایین تری نسبت به دمای درون کوره پیدا می‌کنند؛ بنابراین قسمت‌هایی از تختال که با skid button ها در تماس هستند، دمای پایین تری نسبت به سایر قسمت‌های تختال خواهند داشت که این موضوع مشکلاتی را به دنبال خواهد داشت که مهم‌ترین آن‌ها، وارد آمدن نیروی لحظه‌ای بیشتر به قفسه‌ی نوردی در هنگام نورد است.

با افزایش ارتفاع skid button ها در زمان طراحی، تاثیر دمایی آب خنک‌کاری بر روی skid button ها بسیار کمتر می‌شود و در نتیجه دمای تختال توزیع یکنواخت تری در این نواحی پیدا خواهد کرد؛ عیب این روش اینجاست که با توجه به جنس skid button ها که معمولاً از کبالت یا نیکل-کرومیوم ساخته شده‌اند، افزایش ارتفاع این نقاط باعث می‌شود که مقاومت آنها جهت تحمل وزن تختال کمتر شده و با فرکانس بالاتری دچار تغییر شکل شوند که باید در بازه‌های زمانی کوتاه تری نسبت به تعویض آنها اقدام کرد.

• افزایش طول soaking zone

در نظر گرفتن طول بیشتر برای soaking zone در زمان طراحی نیز می‌تواند از طریق گرمایش بیشتر تختال، توزیع دمایی

یکنواخت تری را در تختال ایجاد کند اما این موضوع از ۳ جنبه مشکل ساز خواهد بود.

(۱) طولانی تر شدن ابعاد کوره، فضای جغرافیایی بیشتری را نیاز دارد که همیشه در دسترس نیست.

(۲) افزایش طول کوره، نیازمند به کار بردن مواد بیشتر، تجهیزات اندازه‌گیری بیشتر و لوله‌کشی‌های بیشتر جهت تامین هوا و گاز می‌باشد که این موضوع هزینه‌ی اولیه‌ی بالایی را به دارنده‌ی شرکت تحمیل می‌کند.

(۳) با توجه به اینکه تختال در تمام طول کوره باید در معرض حرارت باشد، افزایش طول کوره در زمان طراحی موجب مصرف انرژی گرمایی بسیار بیشتری جهت تامین حرارت مورد نیاز در این ناحیه می‌شود؛ از آنجایی که در اکثر کشورهای دنیا، هزینه‌ی انرژی بسیار بالا است، این امر مورد استقبال قرار نمی‌گیرد.

• استفاده از skid button های سرامیکی

یکی دیگر از راه‌های کاهش skid mark، استفاده از skid button های سرامیکی است زیرا سرامیک مقاومت دمایی بسیار بالا و همچنین استقامت بسیار خوبی در دماهای بالا دارد. مقاومت دمایی بالای سرامیک باعث می‌شود که دمای skid button تاثیر کمتری از آب خنک‌کاری beam ها گرفته و تختال توزیع دمایی یکنواخت تری پیدا کند.

اما skid button های سرامیکی در هنگام انتقال تختال به انتهای کوره، علاوه بر تحمل بار ستاتیک، مکرراً تحت تاثیر بار دینامیک نیز قرار می‌گیرد؛ با توجه به ترد و شکننده بودن سرامیک، این موضوع می‌تواند ترک‌هایی را در سطح skid button ایجاد کند. علاوه بر این، سرامیک نمی‌تواند به skid pipe جوش داده شود؛ بنابراین مخصوصاً در skid button های با ارتفاع بیشتر، عملکرد نا پایدار را در مواجهه با تختال‌های سنگین خواهد داشت و باید در بازه‌های زمانی کوتاه، کوره را کاملاً خاموش کرده و نسبت به تعویض سرامیک‌های به کار رفته اقدام کرد.

راهکارهای زمان بهره‌برداری

• تغییر home position تجهیز walking beam

همان‌طور که گفته شد ۲ عدد از skid mark های موجود بر روی تختال، مربوط به walking beam می‌باشند. این skid mark ها معمولاً نسبت به skid mark های ناشی از fixed beam دمای بالاتری دارند و در واقع توزیع دمایی قابل قبول تری دارند؛ این پدیده به این دلیل است که تختال تقریباً در تمام مدت حضورش در کوره، با fixed beam در تماس است اما فقط در زمان گام‌زنی با walking beam تماس پیدا می‌کند.

تاثیر مهم تری که walking beam در پدیده‌ی skid mark دارد مانعی است که بین شعله‌های کوره و تختال ایجاد می‌کند؛

در این نقاط پایین تر است. جهت کاهش اثر fixed beam بر توزیع دمایی تختال، می توان در توقف های نسبتاً طولانی و همچنین با فرکانس مشخصی در هنگام نورد، گام زنی در جا را اجرا کرد؛ به این صورت که walking beam همه ی تختال ها را بلند کرده و برای مدت زمان مشخص و از پیش تعیین شده ای در ارتفاع مشخصی نگه دارد و سپس آن ها را مجدداً روی fixed beam قرار دهد. تعیین فرکانس تکرار گام زنی در جا و مدت زمان نگهداری تختال ها در بالا احتمالاً بسته به ضخامت و دیگر پارامترهای تختال، متغیر است که این موضوع می بایست توسط متخصصین این حوزه تعیین شود.

• **بالا بردن زمان ماندگاری تختال در soaking zone**
اگر گرمایش کوره از شرایط ایده آل فاصله داشته (قادر به تامین توزیع یکنواخت دمایی در سرتاسر تختال نباشد) و همچنین انرژی ارزان قیمت در دسترس باشد، یکی از راه هایی که برای رفع پدیده ی skid mark پیشنهاد می شود این است که زمان ماندگاری تختال در ناحیه ی soaking zone افزایش داده شود تا skid mark ها به ناحیه ی قابل قبول برای تولید وارد شوند. از دیدگاه فنی، این روش علاوه بر اینکه خواص مکانیکی تختال را کاهش می دهد، باعث می شود که ضخامت پوسته ی اکسیدی نیز در سطح تختال افزایش پیدا کند که این موضوع در زمان نورد تختال اضلاً مطلوب نیست. همچنین افزایش پوسته ی اکسیدی تختال درون کوره، می تواند فضاهای میانی و جانبی skid button ها را پر کرده و در نتیجه، تختال به جای تماس با beam هایی با عرض تقریبی سانتی متر، با ساختاری به پهنای بیش از ۳۰ سانتی متر درگیر شوند که این موضوع، skid mark و آثار ناشی از آن را چند برابر خواهد کرد.



ریزش پوسته های اکسیدی و پر شدن فضای میانی و جانبی skid button ها

از دیدگاه اقتصادی نیز، این موضوع علاوه بر اینکه راندمان کوره را به شدت کاهش می دهد و هزینه ی بالایی را به دلیل مصرف انرژی بی رویه به آن شرکت تحمیل می کند، از طریق ایجاد توقف های پی در پی در خط تولید (به دلیل زمان ماندگاری بالا)، تناژ تولید را نیز کاهش داده و راندمان کلی آن شرکت را نیز کاهش می دهد. لذا در صورت استفاده از این راهکار، واحد تولیدی از چند جنبه متضرر خواهد شد.

به این صورت که قرار گرفتن walking beam بین شعله و تختال باعث می شود که انتقال حرارت به درستی انجام نشود و اصطلاحاً پدیده ی radiation shielding effect در این نواحی رخ دهد. این موضوع تقریباً علت اصلی ایجاد skid mark است و سیستم خنک کاری beam ها نیز این پدیده را تشدید می کند.

در شرکت فولاد آکسین خوزستان walking beam home position تقریباً ۵ میلی متر زیر pass line در نظر گرفته شده است که در مقایسه با ابعاد کوره و تختال عدد بسیار کوچکی است؛ همچنین با توجه به ریزش مداوم پوسته های تختال ها و فرایند اکسیداسیون در سطح beam ها، در بسیاری از مواقع این فضای ۵ میلی متری پر شده و walking beam عملاً با تختال در تماس است که این امر موجب بدتر شدن توزیع دمایی در این نقطه می شود؛ افزایش فاصله ی بین walking beam و pass line در شرایطی که گام زنی صورت نمی گیرد، می تواند علاوه بر جلوگیری از تماس احتمالی walking beam با تختال، به طرز قابل توجهی از radiation shielding effect جلوگیری کند.

لازم به ذکر است که افزایش ارتفاع skid button ها نیز می تواند نقش موثری در کاهش radiation shielding effect داشته باشد که مشکلات این راهکار در پاراگراف های قبلی توضیح داده شد.

در برخی سایت های صنعتی از جمله شرکت فولاد آکسین خوزستان، طراحی فواصل بین beam ها به گونه ای است که در تختال های با طول بالا، قسمتی از تختال که به وسط کوره منتهی می شود، فاصله ی زیادی با fixed beam پیدا کرده و این ناحیه به دلیل جرم بالا، گشتاور وزنی زیادی ایجاد کرده و تا حدودی موجب bending می شود.

در کوره هایی که این اشتباه محاسباتی در زمان طراحی اتفاق افتاده است، بعضاً از walking beam مستقر در ناحیه ی میانی کوره به عنوان یک حمال استفاده می شود تا از bending بیشتر تختال جلوگیری شود. به این شکل که با قرار دادن walking beam در نزدیکی pass line، تختال در صورت bend شدن، روی walking beam نشست و بیش از این bend نمی شود.

البته لازم به ذکر است که در فاز طراحی، walking beam به هیچ وجه به این منظور طراحی نشده است؛ و bending تختال، موضوعی است که غالباً به گرمایش کوره بر می گردد و در صورتی که گرمایش کوره ایده آل باشد، حتی در residence time های بالا نیز bending در محدوده ی قابل قبول خواهد بود.

• پیاده سازی گام زنی در جا

گفته شد که تختال ها تقریباً در تمام مدت حضورشان در کوره با fixed beam در تماس هستند و به همین دلیل skid mark ناشی از fixed beam به مراتب شدیدتر بوده و دمای تختال



بررسی رابطه بین فضیلت سازمانی و سطح اثربخشی عملکرد گروهی کارکنان مورد مطالعه: شرکت فولاد اکسین خوزستان

کیوان دشت بزرگی، آرش آرپناهی، مرتضی رحیمی فرد

شرکت فولاد اکسین خوزستان

۱- مقدمه

در حالی که تحقیقات اولیه فضیلت به رفتار مدیران تمرکز داشت، در تحقیقات اخیر از نقش فضیلت در حوزه های دیگر عملکرد، از قبیل خلاقیت، گردش مالی، کیفیت و سودآوری بحث می شود. از عملکردهای مثبت فضیلت سازمانی گسترش توانایی سازمان در مقابله با مشکلات عمده ای است که سازمان با آن مواجه می شود و گسترش فضیلت سازمانی از تاثیرات منفی این مشکلات می کاهد [۱۳]. یکی از مفاهیمی که در حوزه بهره وری منابع انسانی مطرح می شود اثر بخشی گروهی می باشد. برای گروه تعاریف متعددی ارائه شده است، تعریف گروه عبارت است از مجموعه ای از دو یا چند نفر که به طور مرتب با هم برای کسب یک یا چند هدف مشترک کار کنند.

در یک گروه واقعی، اعضای آن خود را در کسب اهداف مشترک وابسته به یکدیگر می دانند و به طور مرتب با یکدیگر برای پیگیری آن اهداف در طول مدت زمان معین تعامل برقرار می کنند [۱۹].

در این تحقیق ما به دنبال نقش فضیلت سازمانی بر سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان در شرکت فولاد اکسین خوزستان می باشیم.

فروپاشی مالی و اخلاقی سالهای اخیر برخی از سازمانهای معروف در سراسر دنیا، مجامع اقتصادی و مطبوعات عمومی، دنیا را به سمت درک مجدد ارزش و اهمیت فضیلت سازمانی سوق داده است و زمینه را برای مطالعه فضایل و ارزش های اخلاقی در سراسر دنیا فراهم آورده اند. کاربرد فضیلت در سازمانها اثراتی مهم دارد. احساس کارکردن در سازمان فضیلت محور، شاید کارکنان را تشویق کند که کار را فقط برای پاداش های مادی یا پیشرفت شغلی انجام ندهند، بلکه برای رضایت شخصی یا برای نفس یک کار خوب انجام دهند. مفهوم فضیلت سازمانی یکی از مهمترین و قابل اندازه گیری ترین بخش های پژوهش های سازمانی مثبت گرامی باشد.

امروزه پژوهشگران بسیاری بر اهمیت ورود فضیلت در مباحث مدیریتی و کسب و کار تاکید می کنند. طبق نظر برایت و همکاران (۲۰۰۹) فضیلت اشاره به دستیابی به بالاترین آرمان در حالت انسانی دارد. فضایل، عادات، تمایلات و اقداماتی هستند که تولید خوبی های اجتماعی و فردی می کنند [۱۶]. از فضیلت عمدتاً در فلسفه بحث شده، ولی در حال حاضر از نظر تئوری و ساخت در تحقیقات سازمانی استفاده می شود.

به معنای رواج ادب و مهربانی، احترام گذاشتن و ملاحظه کردن دیگران و همدردی به معنای مراقبت یکدیگر بودن و در نهایت انسجام به معنای رواج صداقت، اعتماد و درستکاری در سازمان می باشد که این مؤلف های فضیلت سازمانی تاثیر مثبت و معناداری بر عملکرد کارکنان در یک سازمان دارند.

۳- مفاهیم نظری

۱-۳- فضیلت سازمانی:

یکی از جنبه های متعالی در سازمان، فضیلت سازمانی است. فضیلت در سازمان به معنای ایجاد، ترویج، حمایت و پرورش رفتارها، عادات، اعمال و تمایلات رفیع و متعالی از قبیل (اعتماد و وفاداری) در سطح فردی و جمعی در یک سازمان می باشد [۱۶]. فضیلت سازمانی از جمله مفاهیم مهم سازمانی است که در سالهای اخیر در علوم سازمانی مورد توجه قرار گرفته است و به آن دسته از بافت های سازمانی اشاره دارد که در آن فضیلت ها از جمله (انسانیت، درستی و اعتماد) هم در سطح فردی و هم در سطح اجتماعی مورد حمایت قرار می گیرند و نیز پرورش، انتشار و تداوم می یابند [۱۶]. فضائل سازمانی باید بخش مداومی از فرهنگ سازمانی باشند. به عقیده برخی از صاحب نظران فضیلت سازمانی دارای پنج بعد خوش بینی، اعتماد، همدردی، انسجام و بخشش می باشد [۱۶].

فضائل را می توان به عنوان ویژگی های محوری نیز تعریف کرد که توسط فیلسوفان اخلاق و متفکرین مذهبی ارزش گذاری شده اند. وجود این ویژگی ها در سازمان علاوه بر سوق دادن سازمان به سمت اهداف اخلاقی تعیین شده، به موفقیت افراد در سازمان نیز کمک می کند.

۲-۳- خوش بینی:

خوش بینی به عنوان تمایل یا انتظار همیشگی به دریافت و دستیابی به نتیجه مثبت تعریف می شود [۱۹]. خوش بینی سازمانی به این معنی است که اعضای سازمان بر این عقیده اند که در انجام دادن مطلوب کارها موفق خواهند شد حتی زمانی که با چالش های عمده روبرو می شوند [۲۷]. مارتین سیگمان که او را پدر روانشناسی مثبت گرا می نامند، بیان می کند که خوش بینی می تواند به عنوان یک سبک اسنادی تلقی شود که فرد، حوادث مثبت را به اسنادهای کلی و پایدار و یا خودش نسبت می دهد، در حالی که بدبین ها حوادث مثبت را به عوامل خارجی و موقعیت های خاص و زودگذر نسبت می دهند و حوادث منفی را به عوامل پایدار و فراگیر. در نتیجه این سبک های بیانی و اسنادی متفاوت، خوش بین ها

۲- پیشینه تحقیق

بهزادی، نعیمی و بشلیده (۱۳۹۲)، در مقاله ای با عنوان "بررسی رابطه فضیلت سازمانی با رفتار مدنی سازمانی، وفاداری سازمانی و بهزیستی معنوی در کارکنان شرکت بهره برداری نفت و گاز مارون" بیان می کنند، که بین فضیلت سازمانی و سه متغیر رفتار مدنی سازمانی، وفاداری سازمانی و بهزیستی معنوی رابطه مثبت و معناداری وجود دارد. همچنین اشاره می شود که در تبیین رابطه فضیلت سازمانی و رفتار مدنی سازمانی می توان گفت که افراد تمایل دارند تا به شیوه ای رفتار کنند که با ارزش های سازمانی آن ها متناسب باشد [۱۴].

فضیلت سازمانی ادراک شده همچنین کارکنان را به سمت برقراری روابط متقابل روانشناختی با سازمان هدایت می کند و باعث بروز رفتارهایی می شود که فراتر از نقش فرد بوده، همچنین عنوان می شود که در یک سازمان با فضیلت، احساس قدردانی به واسطه کاری که فرد انجام می دهد، ممکن است کارکنان را ترغیب به تلافی با رفتارهایی کند که به نفع سازمان و دیگران می باشد. این احساس که آنها کار با معنا انجام می دهند باعث می شود که خود را وقف سازمان کنند و به کار به عنوان یک مأموریت نگاه کنند تا یک شغل، لذا این امر به نوبه خود باعث می شود تا آنها به صورت موثر با سازمان پیوند یافته و به بهبود عملکرد موثر متعهد باشند.

مشبکی اصفهانی و رضایی (۱۳۹۳)، در مقاله ای با عنوان "بررسی تاثیر فضیلت سازمانی و تعلق خاطر کاری بر تعهد سازمانی" بیان می کنند که مدیران باید به رشد و توسعه فضیلت مداری در سازمانهاشان مبادرت نمایند. سازمانهای فضیلت مدار با خصائصی مانند محیط کاری خوش بین، قابل اعتماد، شفیق و منسجم و بخشنده همراه است که در این راستا مدیران باید روحیه خوش بینی، احساس اعتماد بین اعضاء را تقویت کرده و محیط سازمانی را محیطی مهربان، دلسوز و شفیق برای کار کردن نمایند. نتایج این تحقیق بیانگر تاثیر مثبت و معنادار فضیلت سازمانی با ضریب مسیر ۰/۵۶ بر روی تعلق خاطر کاری و ضریب مسیر ۰/۴۲ بر تعهد سازمانی می باشد.

کمرن در سال (۲۰۰۴) در مقاله ای تحت عنوان "بررسی رابطه بین فضیلت سازمانی و عملکرد" بیان می کند که هرگونه اعمال فردی، فعالیت جمعی و ویژه گی های فرهنگی یا فرآیندی که باعث ترویج و تداوم فضیلت در یک سازمان شود، می تواند منجر به فضیلت سازمانی گردد.

او همچنین در این مقاله عنوان می کنند که فضیلت سازمانی دارای مؤلفه های خوش بینی به معنای اعتقاد اعضای سازمان در دستیابی به موفقیت به رغم وجود مشکلات عمده، اعتقاد

از مدیران سازمان‌ها انتظار می‌رود در پایبندی به اخلاق و رعایت آن‌ها (توسط خود و کارکنانشان) در همه سطوح و همه جوانب شجاعت اخلاقی داشته باشند. شجاعت اخلاقی نقطه‌ای است که مدیران، مخاطرات را با تمایل و آمادگی ذهنی لازم برای پذیرش آن‌ها در چارچوب اصول ارزش‌ها می‌پذیرند تا اخلاق قربانی نشود.

۳-۶- صداقت:

صداقت یعنی ایجاد هماهنگی بین آنچه که به آن معتقدیم و آنچه که به آن عمل می‌کنیم، انجام آنچه که می‌دانیم درست است و گفتن حرف راست در تمام زمانها یکی از عوامل مهم در بیان صادقانه حسن نیت می‌باشد، بیان حقیقت در صورتی بهترین نتیجه را می‌دهد که با خود آگاهی و حسن نیت همراه باشد. دهخدا در لغت نامه خود صداقت و راستگویی را سخن راست، قول حق، فعل و عمل حق می‌داند و دروغگویی را سخن ناراست، قول ناحق، خلاف حقیقت، مقابل راست و مقابل صدق تعریف می‌کند. عدم صداقت بین اعضای یک سازمان آسیب‌های فراوانی را به بار می‌آورد. دروغ، نیرنگ، نفاق، ریا و ده‌ها خصیصه منفی دیگر از مظاهر فقدان صداقت است که بنیان یک سازمان را فرو می‌پاشد.

۴- فرضیه‌های تحقیق

۱-۴- فرضیه اصلی تحقیق

- بین فضیلت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.

۲-۴- فرضیه‌های فرعی تحقیق

- بین مؤلفه اعتماد سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.
- بین مؤلفه صداقت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.
- بین مؤلفه شجاعت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.
- بین مؤلفه شفقت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.
- بین مؤلفه خوشبینی سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.
- مؤلفه صداقت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان رابطه معناداری وجود دارد و از طرفی مقدار این رابطه که برابر با 0.833 است، به صورت مستقیم و در حد بسیار زیاد، پس فرضیه تحقیق پذیرفته می‌شود.

انتظارات مثبت را در خود ایجاد می‌کنند که آنها را در جهت دستیابی به اهداف ترغیب می‌کنند و به اتخاذ رفتارهای انعطاف پذیر در برخورد با مشکلات کمک می‌کنند. در حالی که بدبین‌ها به دلیل شک و تردید که برای خود ایجاد می‌کنند و انتظارات منفی شان، با مانع روبرو می‌شوند. خوشبینی باعث ایجاد طیفی از پیامدهای مثبت همچون سلامت روانی و جسمانی، بهزیستی و خوشی و انعطاف پذیری می‌شود در حالی که بدبینی افسردگی به دنبال خواهد داشت، خوشبینی همچنین با عملکرد فرد مخصوصاً در محیط کاری ارتباط بسیار زیادی دارد.

۳-۳- اعتماد:

اعتماد سازمانی بیشتر به انتظارات مثبت اشخاص و توقعاتی که اعضای سازمان درباره صلاحیت، قابلیت اطمینان و خیر خواهی اعضا سازمان دارند و نیز اعتماد موسسه‌ای میان فرد و سازمان اطلاق می‌شود. اعتماد یک موضوع بین‌رشته‌ای است و از رشته‌هایی مانند روانشناسی و جامعه‌شناسی نشأت می‌گیرد. به عقیده تایلر اعتماد زمینه ساز است برای درک اینکه چگونه مشارکت موثر را در درون سازمان‌ها ایجاد کنیم؛ یعنی اعتماد یک عنصر کلیدی است زیرا مشارکت را فراهم می‌کند و همانطور که می‌دانیم، مشارکت در سازمانها همیشه با اهمیت بوده است. صاحب‌نظران باور دارند که اعتماد می‌تواند منجر به همکاری بین افراد، گروه‌ها و سازمان‌ها شود. امروزه سازمانها در جستجوی راه‌های جدیدی برای ارتقای مشارکت بین افراد و گروه‌های بهره‌گیری از آثار آنان هستند؛ لذا به اعتماد و چگونگی تقویت و واقعی سازی آن توجه دارند.

۳-۴- شفقت:

شفقت سازمانی بدان معنی است که افراد مراقب یکدیگر باشند و به یکدیگر اهمیت بدهند.

۳-۵- شجاعت:

شجاعت مفهوم و بُعدی در روان‌شناسی مثبت است که از آن به عنوان اساس و بنیان مثبت از سلامت روحی فرد یاد می‌شود. شجاعت بر جرأت، اقدام به کار و قوت قلب هنگام دشواری و سختی دلالت دارد. شجاعت اخلاقی داشتن شهامتی برای تبدیل نیات اخلاقی به فعالیت است علی‌رغم فشارهایی که از درون و بیرون بر سازمان وارد می‌شود. در واقع شجاعت اخلاقی به افراد کمک می‌کند تا باورها و اعتقادات موثر خود را به‌طور اخلاقی به رفتارها و فعالیت‌های واقعی تبدیل کنند.

متغیرها	ضریب همبستگی r	p
فضیلت سازمانی	0956	0.001
سطح اثر بخشی عملکرد گروهی		

جدول شماره ۱- ضریب همبستگی بین فضیلت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان

۳-۶- آزمون فرضیه فرعی اول:

بین اعتماد سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان ارتباط مثبت و معنادار وجود ندارد: H_0
 بین اعتماد سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان ارتباط مثبت و معناداری وجود دارد: H_1

۴-۶- نتیجه آزمون فرضیه فرعی اول:

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۲، می توان گفت که با اطمینان ۰/۹۵ و سطح معناداری کوچک تر از ۰/۰۵ بین مؤلفه اعتماد سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان رابطه معناداری وجود دارد و از طرفی مقدار این رابطه که برابر با ۰/۷۳۶ است، به صورت مستقیم و در حد بسیار زیاد پس فرضیه تحقیق پذیرفته می شود.

البته با توجه به مقدار مثبت ضریب همبستگی اسپیرمن (۰۷۳۶) می توان نتیجه گرفت که رابطه مثبت و معناداری میان اعتماد سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی وجود دارد.

یعنی هرچه اعتماد سازمانی در میان افراد بیشتر شود، سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان نیز افزایش می یابد و با کاهش اعتماد سازمانی کارکنان اثر بخشی گروهی آنان نیز تقلیل می یابد.

متغیرها	ضریب همبستگی r	p
اعتماد سازمانی	0736	0.001
سطح اثر بخشی عملکرد گروهی		

جدول شماره ۲- ضریب همبستگی بین مؤلفه اعتماد و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان

۵-۶- آزمون فرضیه فرعی دوم:

بین صداقت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان ارتباط مثبت و معنادار وجود ندارد: H_0
 بین صداقت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان ارتباط مثبت و معناداری وجود دارد: H_1

۶-۶- نتیجه آزمون فرضیه فرعی دوم:

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۳، می توان گفت که با اطمینان ۰/۹۵ و سطح معناداری کوچک تر از ۰/۰۵ بین مؤلفه صداقت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان رابطه معناداری وجود دارد و از طرفی مقدار این رابطه که برابر با ۰/۸۳۳ است، به صورت مستقیم و در حد

۵- روش تحقیق

در اولین گام انجام این پژوهش، پس از شناسایی مسأله موجود، برای بررسی آن اقدام به انجام مطالعات کتابخانه‌ای شده است. در این قسمت با بررسی و مرور تحقیقات انجام شده در زمینه معیارها و فاکتورهای تأثیر گذار بر سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان البته با تمرکز بر فضیلت سازمانی، مدلی به دست آمد که رابطه بین فضیلت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان را می سنجد. همچنین در این تحقیق برای تعیین رابطه میان متغیرها از روش همبستگی استفاده شده است. به این صورت که با در نظر گرفتن تمامی روابط ممکن میان متغیرهای مدل، با استفاده از نرم افزار spss به بررسی وجود یا عدم وجود رابطه میان متغیرهای مختلف پرداخته شد. بنابراین روش انجام تحقیق حاضر بر مبنای هدف تحقیق از نوع کاربردی می باشد، زیرا با به کارگیری نظریه‌ها و برخی علوم مدیریت و علوم آمار و ... نتایجی در مورد جامعه آماری دست می یابد، که این نتایج برای شرکت فولاد اکسین خوزستان که به عنوان جامعه آماری تحقیق در نظر گرفته شده، قابل استفاده خواهد بود. اما به لحاظ روش در دسته تحقیقات (توصیفی) قرار می گیرد زیرا به بررسی میزان رابطه فضیلت سازمانی و ابعاد آن با سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان می پردازد.

۶- یافته ها

۱-۶- آزمون فرضیه اصلی:

بین فضیلت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان ارتباط مثبت و معنادار وجود ندارد: H_0
 بین فضیلت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان ارتباط مثبت و معناداری وجود دارد: H_1

۲-۶- نتیجه فرضیه اصلی تحقیق:

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۱، می توان گفت که با اطمینان ۰/۹۵ و سطح معناداری کوچک تر از ۰/۰۵ بین مؤلفه فضیلت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی رابطه معناداری وجود دارد و از طرفی مقدار این رابطه که برابر با ۰/۹۵۶ است، به صورت مستقیم و در حد بسیار زیاد، پس فرضیه تحقیق پذیرفته می شود. البته با توجه به مقدار مثبت ضریب همبستگی اسپیرمن (۰۹۵۶) می توان نتیجه گرفت که رابطه مثبت و معناداری میان فضیلت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان وجود دارد. یعنی هرچه فضائل سازمانی در میان افراد بیشتر شود سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان نیز افزایش می یابد و با کاهش فضیلت سازمانی کارکنان، اثر بخشی گروهی آنان نیز تقلیل می یابد.

۹-۶- آزمون فرضیه فرعی چهارم:

بین شفتت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان ارتباط مثبت و معنادار وجود ندارد: H_0
بین شفتت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان ارتباط مثبت و معناداری وجود دارد: H_1

۱۰-۶- نتیجه آزمون فرضیه فرعی چهارم:

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۵، می توان گفت که با اطمینان ۰/۹۵ و سطح معناداری کوچک تر از ۰/۰۵ بین مؤلفه شفتت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان رابطه معناداری وجود دارد و از طرفی مقدار این رابطه برابر با ۰/۶۸۹ است، به صورت مستقیم و در حد بسیار زیاد، پس فرضیه تحقیق پذیرفته می شود. البته با توجه به مقدار مثبت ضریب همبستگی اسپیرمن (۰/۶۸۹) می توان نتیجه گرفت که رابطه مثبت و معناداری میان شفتت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی وجود دارد. یعنی هرچه شفتت سازمانی در میان افراد بیشتر شود سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان نیز افزایش می یابد و با کاهش شفتت در میان کارکنان اثر بخشی گروهی آنان نیز تقلیل می یابد.

متغیرها	ضریب همبستگی r	p
شفتت سازمانی	0689	0.001
سطح اثر بخشی عملکرد گروهی		

جدول شماره ۵- ضریب همبستگی بین شفتت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان

۱۱-۶- آزمون فرضیه فرعی پنجم:

بین خوشبینی سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان ارتباط مثبت و معنادار وجود ندارد: H_0
بین خوشبینی سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان ارتباط مثبت و معناداری وجود دارد: H_1

۱۲-۶- نتیجه فرضیه فرعی پنجم:

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۶، می توان گفت که با اطمینان ۰/۹۵ و سطح معناداری کوچک تر از ۰/۰۵ بین مؤلفه خوشبینی سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان ارتباط معناداری وجود دارد و از طرفی مقدار این رابطه که برابر با ۰/۷۸۱ است، به صورت مستقیم و در حد بسیار زیاد، پس فرضیه تحقیق پذیرفته می شود. البته با توجه به مقدار مثبت ضریب همبستگی اسپیرمن (۰/۷۸۱) می توان نتیجه گرفت که رابطه مثبت و معناداری میان خوشبینی سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی وجود دارد. یعنی هرچه خوشبینی سازمانی در میان افراد بیشتر شود، سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان نیز افزایش می یابد و با کاهش خوشبینی در میان کارکنان

بسیار زیاد، پس فرضیه تحقیق پذیرفته می شود. البته با توجه به مقدار مثبت ضریب همبستگی اسپیرمن (۰/۸۳۳) می توان نتیجه گرفت که رابطه مثبت و معناداری میان صداقت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی وجود دارد. یعنی هرچه صداقت سازمانی در میان افراد بیشتر شود، سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان نیز افزایش می یابد و با کاهش صداقت در میان کارکنان اثر بخشی گروهی آنان نیز تقلیل می یابد.

متغیرها	ضریب همبستگی r	p
صداقت سازمانی	0833	0.001
سطح اثر بخشی عملکرد گروهی		

جدول شماره ۳- ضریب همبستگی بین صداقت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان

۷-۶- آزمون فرضیه فرعی سوم:

بین شجاعت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان ارتباط مثبت و معنادار وجود ندارد: H_0
بین شجاعت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان ارتباط مثبت و معناداری وجود دارد: H_1

۸-۶- نتیجه آزمون فرضیه فرعی سوم:

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۴، می توان گفت که با اطمینان ۰/۹۵ و سطح معناداری کوچک تر از ۰/۰۵ بین مؤلفه شجاعت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان رابطه معناداری وجود دارد و از طرفی مقدار این رابطه برابر با ۰/۷۸۶ است، به صورت مستقیم و در حد بسیار زیاد، پس فرضیه تحقیق پذیرفته می شود. البته با توجه به مقدار مثبت ضریب همبستگی اسپیرمن (۰/۷۸۶) می توان نتیجه گرفت که رابطه مثبت و معناداری میان شجاعت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی وجود دارد.

یعنی هرچه شجاعت سازمانی در میان افراد بیشتر شود سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان نیز افزایش می یابد و با کاهش شجاعت سازمانی در میان کارکنان اثر بخشی گروهی آنان نیز تقلیل می یابد.

متغیرها	ضریب همبستگی r	p
شجاعت سازمانی	0786	0.001
سطح اثر بخشی عملکرد گروهی		

جدول شماره ۴- ضریب همبستگی بین شجاعت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان

۸- نتیجه گیری

ساختار تحقیق حاضر بر اساس یک فرضیه اصلی و پنج فرضیه فرعی شکل گرفت که به کمک فنون تجزیه و تحلیل آماری و با استفاده از نرم افزار (spss) آزمون فرضیات انجام شد و نتایج حاصله گویای رابطه مثبت و معناداری، بین فضیلت سازمانی و سطح اثر بخشی عملکردگروهی کارکنان با ضریب اطمینان ۰/۹۵ می باشند، بدین معنا که با افزایش فضیلت سازمانی سطح اثر بخشی عملکردگروهی کارکنان به نسبت زیادی در سازمان افزایش خواهد داشت. با توجه به جداول ۱ الی ۶ می توان ملاحظه کرد که همه ابعاد فضیلت سازمانی رابطه مثبت و معناداری با سطح اثر بخشی عملکردگروهی کارکنان در شرکت فولاد اکسین خوزستان دارند که این موضوع بیانگر پذیرش، فرضیات فرعی تحقیق با ضرایب همبستگی بالا (۰/۸۳۳، ۰/۷۸۱، ۰/۷۸۶، ۰/۷۳۶، ۰/۶۸۹) به ترتیب صداقت سازمانی، شجاعت سازمانی، خوشبینی سازمانی، اعتماد سازمانی و شفقت سازمانی) و با سطح اطمینان ۰/۹۵ می باشد. از مقایسه نتایج فرضیات فرعی با هم می توان نتیجه گرفت که صداقت سازمانی در بین اعضای سازمان با ضریب همبستگی (۰/۸۳۳) بیشترین رابطه را با سطح اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان دارد. نتایج تحلیل رگرسیون در جدول شماره ۸ نشان می دهد که متغیرهای (اعتماد، صداقت، شجاعت، شفقت، خوشبینی) به عنوان متغیرهای پیش بین شرایط لازم را جهت ورود به معادله رگرسیون برای توضیح تغییرات سطح اثر بخشی عملکردگروهی (متغیر ملاک) را دارند که از میان این متغیرها اعتماد سازمانی با ضریب بتا $\beta = 0/536$ و ضریب تاثیر $B = 0/886$ بیشترین تاثیر را بر سطح اثر بخشی عملکردگروهی کارکنان دارد. با توجه به ضرایب رگرسیونی مشاهده می شود که اگر یک واحد میزان اعتماد سازمانی در بین کارکنان افزایش یابد، سطح اثر بخشی عملکردگروهی کارکنان به اندازه ۰/۸۸۶ افزایش خواهد یافت. همچنین، اگر یک واحد میزان صداقت سازمانی افراد افزایش یابد، سطح اثر بخشی عملکردگروهی کارکنان نیز به اندازه ۰/۷۴۳ افزایش خواهد داشت و اگر یک واحد خوشبینی کارکنان افزایش یابد سطح اثر بخشی عملکردگروهی کارکنان به میزان ۰/۶۲۷ افزایش پیدا خواهد کرد و به ازای یک واحد افزایش در شفقت میان کارکنان سازمان میزان اثر بخشی عملکردگروهی کارکنان به میزان ۰/۵۵۳ افزایش خواهد داشت و در نهایت به ازای یک واحد افزایش در شجاعت سازمانی سطح اثر بخشی عملکردگروهی ۰/۵۱۴ افزایش پیدا خواهد کرد.

اثر بخشی گروهی آنان نیز تقلیل می یابد.

متغیرها	ضریب همبستگی r	p
خوشبینی سازمانی	0781	0.001
اثر بخشی عملکرد گروهی		

جدول شماره ۶- ضریب همبستگی بین خوشبینی سازمانی و سطح اثر بخشی عملکردگروهی کارکنان

۷- تفسیر جداول همبستگی چندگانه، ضرائب رگرسیونی و مقدار بتای به دست آمده

خطای استاندارد	R ² تعدیل شده	R ²	R	Model
16.45514	.536	.745	.875	اعتماد، صداقت، شجاعت، شفقت، خوشبینی

جدول شماره ۷- رگرسیون چندگانه جهت پیش بینی اثر بخشی عملکرد گروهی از طریق مؤلفه های فضیلت سازمانی

ضریب به دست آمده جهت همبستگی چندگانه ($R=0/875$) بدین مفهوم می باشد که از طریق پنج بعد فضیلت سازمانی (اعتماد، صداقت، شجاعت، شفقت، خوشبینی) سطح اثر بخشی عملکردگروهی به مقدار ۰/۸۷۵ پیش بینی می شود. ضریب به دست آمده جهت ضریب تعیین تعدیل یافته برابر با $R^2_{adj} = 0/536$ است که نشان می دهد، متغیرهای مستقل می توانند ۵۳/۶ درصد واریانس اثر بخشی عملکرد گروهی کارکنان را تبیین نمایند.

متغیرهای پیش بین	ضرائب خطای معیار	B	β	T	Sig
مقدار ثابت	7/25	15/563		15/37	0/000
اعتمادسازمانی	.36	0/886	0/536	5/076	0/001
صداقت سازمانی	.34	0/743	0/512	4/064	0/003
شجاعت سازمانی	.21	0/514	0/435	3/024	0/005
شفقت سازمانی	0/27	.553	.489	3/56	.002
خوشبینی سازمانی	.31	.627	.502	2/025	.003

جدول شماره ۸- ضرایب رگرسیونی و بتای (β) متغیرهای پژوهش

با توجه به جدول شماره ۸ و مشاهده سطوح معناداری می توان متوجه شد که تمامی مؤلفه های فضیلت سازمانی (اعتماد، صداقت، شجاعت، شفقت، خوشبینی) توان پیش بینی اثر بخشی عملکردگروهی کارکنان را دارند (چون سطح قابل قبول معناداری جهت کلیه ابعاد فضیلت سازمانی کمتر از ۰/۰۵ می باشد. $Sig > 0/05$)، و به ترتیب اعتماد سازمانی با ضریب بتا $\beta = 0/536$ و ضریب تاثیر $B = 0/886$ ، صداقت سازمانی با ضریب بتا $\beta = 0/512$ و ضریب تاثیر $B = 0/743$ ، خوشبینی سازمانی با ضریب بتا $\beta = 0/435$ و ضریب تاثیر $B = 0/514$ ، شفقت سازمانی با ضریب بتا $\beta = 0/489$ و ضریب تاثیر $B = 0/553$ ، شجاعت سازمانی با ضریب بتا $\beta = 0/435$ و ضریب تاثیر $B = 0/514$ به ترتیب بیشترین و کمترین قدرت پیش بینی کنندگی را برای اثر بخشی عملکردگروهی کارکنان را دارند.

۹- پیشنهادات تحقیق

سازمان‌ها باید به دستاوردهای اعتماد سازمانی آگاه باشند، زیرا اعتماد شالوده و اساس اثربخشی در یک کارگروهی خواهد بود، همچنین در ارتباطات سازمانی، مبنای اعتماد باید فرای ارتباطات فردی و شخصی گسترش یابد، شرکت‌ها نیاز به اعتماد دارند زیرا در غیر این صورت شانس کمتری برای دستیابی به اهداف و ارزش‌های مورد نظرشان خواهد داشت، وجود مهربانی و شفقت در سازمان‌ها موجب سلامت سازمانی می‌شود و افراد از حضور در محل کار لذت برده و از میزان استرس شغلی ناشی از ساختاری‌های سازمانی مکانیکی و رسمی از طریق میانجی‌شفقت سازمانی به شدت کاسته خواهد شد. سازمان‌ها نیز باید به تقویت شجاعت در کارکنان خود بپردازند زیرا ترس و تردید در مواجهه با مشکلات به عنوان سدی مستحکم، افراد را از رویارویی با آن‌ها باز می‌دارد که این امر باعث رکورد عملکرد نیروی انسانی در سازمان و یکی از عوامل کاهش بهره‌وری خواهد بود، سازمان‌ها باید با ایجاد جوی مناسب اشتیاق کارکنان خود را در خصوص ارائه نظراتشان در راستای پیشبرد اهداف سازمان ارتقاء دهند زیرا این توجه به نظرات آن‌ها در تصمیم‌گیری‌های سازمانی در خوشبینی کارکنان به سازمان و فعالیت‌های گروهی موثر خواهد بود، سازمان‌ها نیز باید از طریق ایجاد فضایی دوستانه به افزایش صداقت در سازمان بپردازند چرا که عدم صداقت سرچشمه نفاق در سازمان‌ها می‌باشد. تزویر در بین اعضای یک سازمان موجب بی‌اعتمادی در روابط بین اعضای خود خواهد شد و هر چقدر میزان عدم صداقت در سازمان افزایش یابد تحمل فضای سازمان به شدت غیر قابل تحمل و طاقت فرسا خواهد شد، سازمان‌ها نیز باید به ایجاد و گسترش ابعاد فضیلت سازمانی در میان کارکنان خود بپردازند و ابعاد فضیلت سازمانی را از ارکان اساسی فرهنگ سازمانی خود بدانند و در شکل‌گیری آن تلاش کنند، زیرا بدون نهادینه شدن این فضائل در سازمان اثر بخشی فعالیت‌های گروهی غیر ممکن و بهره‌وری در سازمان دستخوش تغییرات نزولی خواهد شد.

۱۰- منابع

- ۱- ابن‌فارس، احمد (۱۳۹۰). ترتیب مقایسی اللغه. قم: پژوهشگاه حوزه و دانشگاه.
- ۲- افجه، سید علی اکبر (۱۳۸۹). مبانی فلسفی و تئوری‌های رهبری و رفتار سازمانی. تهران: انتشارات سمت.
- ۳- الکافی، جلد ۲، ص ۳۴۵.
- ۴- بحار الانوار، جلد ۷۱، ص ۳۹۳.
- ۵- بهزادی، الهام، نعمی، عبدالرضا، بشلیده، کیومرث (۱۳۹۳).

- بررسی رابطه فضیلت سازمانی با رفتار مدنی سازمانی، وفاداری سازمانی و بهزیستی معنوی در کارکنان شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون، مجله دستاوردهای روانشناختی (علوم تربیتی و روانشناسی)، دانشگاه شهید چمران اهواز، سال ۳-۲۰ شماره ۲ صفحات ۲۵۶ الی ۲۳۳
- ۶- پناهی، بلال (۱۳۸۷). اعتماد و اعتمادسازی در سازمان، پیک نور، سال هفتم، شماره چهارم
- ۷- تحف العقول ص ۳۲۲
- ۸- خشوعی، مهدیه سادات، نوری، ابوالقاسم (۱۳۹۲). ساختار عاملی فضیلت سازمانی و نقش رفتار شهروندی در آن، مجله دانش و پژوهش در روانشناسی کاربردی، سال چهاردهم، شماره ۴، صفحات ۲۶ الی ۳۶
- ۹- متقی هندی، کنز العمال، مؤسسة الرسالة، بیروت، ج ۳، ص ۲۶۶.
- ۱۰- مشیکی اصفهانی، اصغر، رضایی، زینب (۱۳۹۳). بررسی تاثیر فضیلت سازمانی و تعلق خاطر کاری بر تعهد سازمانی، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت (بهبود و تحول)، سال بیست و دوم، شماره ۷۳، صفحات ۱ الی ۲۳.
- ۱۱- غرر الحکم، ح ۵۷۴۸
- ۱۲- قرآن کریم
13. Barclay, L. A. Markel, K.S., J.E. (2012). Virtue theory and organizations: considering persons with disabilities, *Journal of Managerial Psychology*, 27 (4): 330 – 346.
14. Baker, T. L., Hunt, T. G., & Andrews, M. C. (2006). Promoting ethical behavior and organizational citizenship behaviors: The influence of corporate ethical values.
15. Bright. D., Bradley. A., Kanov. J. (2013). Reconsidering virtues: differences of perspective in virtue ethics and positive social science. *Journal of business ethics*, August.
16. Cameron K, Bright D, Caza A. (2004). Exploring the relationships between OV and performance. *American Behavioral Scientist*; 47(6): 766–790.
17. Cameron, K. S., Bright, D. & Caza, A. (2004). Exploring the Relationships between Organizational Virtuousness and Performance. *American Behavior Scientist*, 47 (6), pp. 766- 790.
18. Cawley, M. J. III, Martin, J. E., & Johnson, J. A. (2000). A virtues approach to personality. *Personality and Individual Differences*, 28, 997-1013.

بومے سازی
در صنعت نورد فولاد





مانیتورینگ و پایش وضعیت آنلاین شبکه صنعتی AS-i در شرکت فولاد اکسین خوزستان

محمد امین محسنی

شرکت فولاد اکسین خوزستان

m.a.mohseni@oxinsteel.ir

چکیده

شبکه صنعتی AS-i (Actuator Sensor Interface) جهت انتقال سیگنال تجهیزات نظیر موتورها، سنسورها و عملگرها از طریق یک زوج سیم، به سیستم کنترل PLC کاربرد دارد، به دلیل اهمیت تجهیزات متصل به شبکه AS-i در صورت وقوع مشکل در این تجهیزات و یا ماژولهای شبکه AS-i، زمان زیادی برای خطایابی و کشف محل وقوع خطا صرف می شود که این امر منجر به طولانی شدن توقف خط تولید می گردد، با اجرای سیستم پایش آنلاین وضعیت شبکه AS-i، خطایابی و کشف محل وقوع خطا در کمترین زمان ممکن انجام می شود، همچنین ثبت خطاهایی گذرا و لحظه ای نظیر Loose Connection، این امکان را فراهم می آورد که این مشکلات را قبل از آنکه منجر به توقف در خط تولید شود، کشف و حل نمود.

واژگان کلیدی: شبکه AS-i (Actuator Sensor Interface)، مانیتورینگ، PLC S7 400، WINCC.

۱-۱- شبکه AS-I

نام AS-I مخفف Actuator Sensor Interface به معنی رابط سنسور و عملگر، از پرکاربردترین نوع شبکه از خانواده Fieldbus و منطبق بر استانداردهای IEC62026 و EN50295 می باشد. در این استاندارد تنها به کمک یک کابل دو رشته علاوه بر انتقال اطلاعات، تغذیه تجهیزات نیز تامین می شود. شبکه AS-I را به راحتی می توان از طریق Gateway با شبکه Profibus و به PLC و یا دیگر کنترلرها مرتبط کرد.

شبکه AS-I در عین سادگی دارای یک سری ویژگی های خاص می باشد که به شرح زیر است:

۱- سازگاری: قابلیت ارتباط با تعداد زیادی از انواع سنسور و عملگر از تولیدکنندگان مختلف.

۲- توپولوژی: بدون محدودیت شامل Star, Ring, Linear و یا ساختار Tree

۳- ارتباط: دو کابل بدون شیلد و غیر پیچ خورده (1.5x2 mm²) برای انتقال داده ها و منبع تغذیه (معمولاً 24 ولت DC) به طور معمول تا 200 میلی آمپر برای هر Slave و تا 8 آمپر برای هر BUS

۴- تعداد Slave: تا 32 عدد در هر خط شبکه.



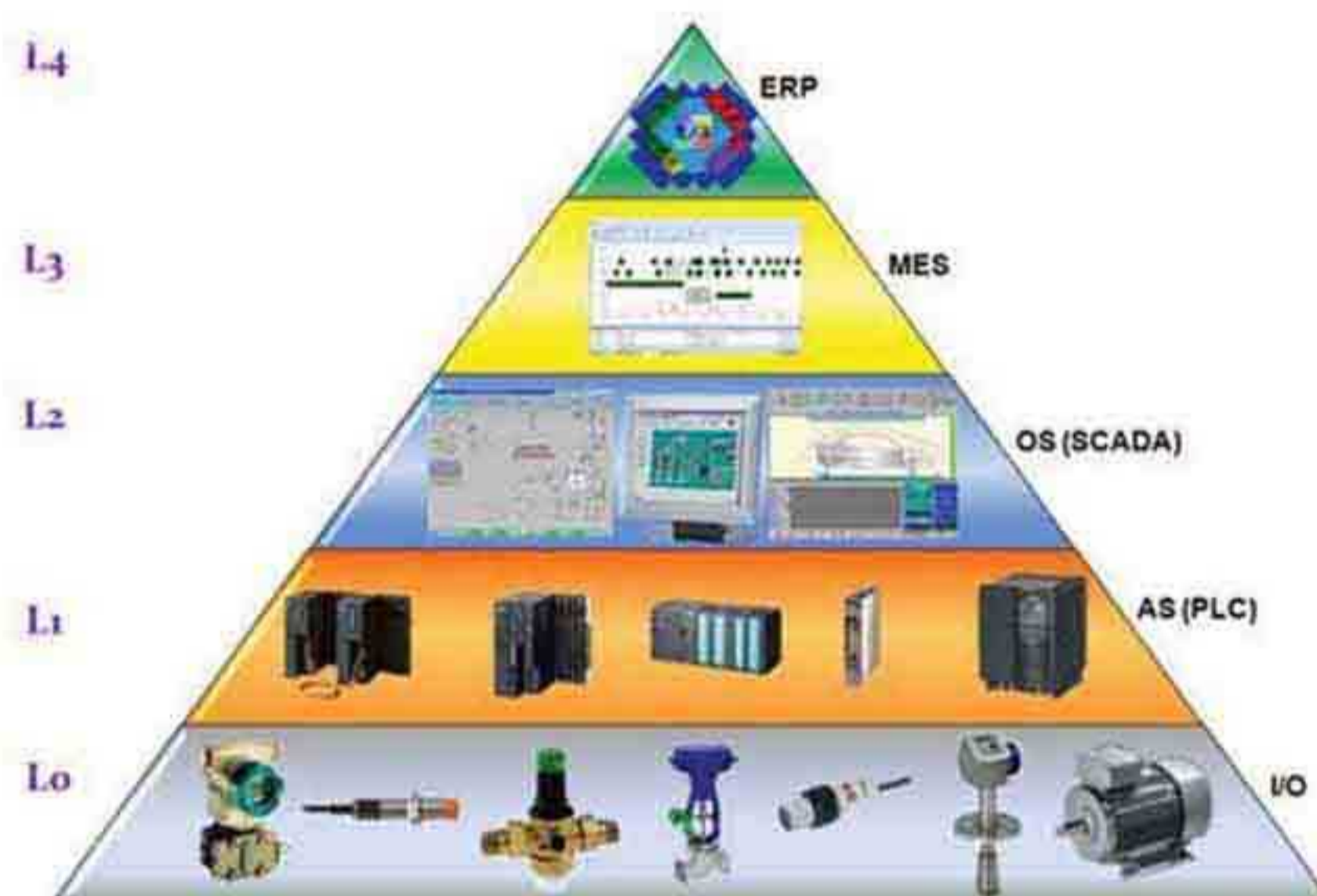
شکل ۲- ASIDP Interface

۲- شرح مشکل

امروزه فرایندهای صنعتی با کمک موتورها، سنسورها، عملگرها و سیستم کنترل پیاده سازی می شود که نیازمند کاربرد شبکه AS-I جهت ارتباط این تجهیزات به سیستم کنترل می باشد. لذا نیاز به عملکرد پایدار و همچنین خطایابی و تعمیر سریع در شبکه AS-I روز به روز با اهمیت تر می شود. با توجه به استفاده گسترده از تجهیزات و سیستم های کنترلی زیمنس در کارخانه فولاد اکسین خوزستان، از تجهیزات ساخت زیمنس در شبکه AS-I استفاده شده است.

۱- مقدمه

امروزه در سیستم های نوین اتوماسیون صنعتی، ضرورت استفاده از شبکه های صنعتی بیش از هر زمان دیگری خود را نشان می دهد. در گذشته در پروژه های که تعداد زیادی سنسور و عملگر دیجیتال و آنالوگ مورد استفاده قرار می گرفت و نیاز بود طول مسیر ارتباطی آنها با کنترلر به صورت مستقل سیم کشی شود که مستلزم هزینه بالای سیم کشی، نویز پذیری شدید سیستم و هزینه بالای کارت های ورودی و خروجی دیجیتال و آنالوگ به همراه مشکلات فراوان دیگر بود، ولی در طراحی های امروز، به کمک تنها یک کابل دو سیمه حجم عظیمی از دیتا به سهولت و با سرعت و امنیت بالا بین ترنسmitterها، عملگرها و کنترلرها منتقل می شود. یکی از این شبکه ها، شبکه AS-I می باشد.



شکل ۱- هرم کنترل اتوماسیون

در شکل ۱ ساختار کنترل اتوماسیون صنعتی نشان داده شده است، این یک هرم پنج لایه است که مراحل کنترل اتوماسیون در محیط یک کارخانه را توصیف می کند. لایه چهارم: در این لایه یک کامپیوتر با پردازنده مرکزی قوی قرار دارد.

لایه سوم: در این قسمت کامپیوترهای PC از طریق شبکه به هم متصل شده اند. کاربران این کامپیوترها مدیران و مهندسين ناظر بر کاربردهای کنترلی می باشند.

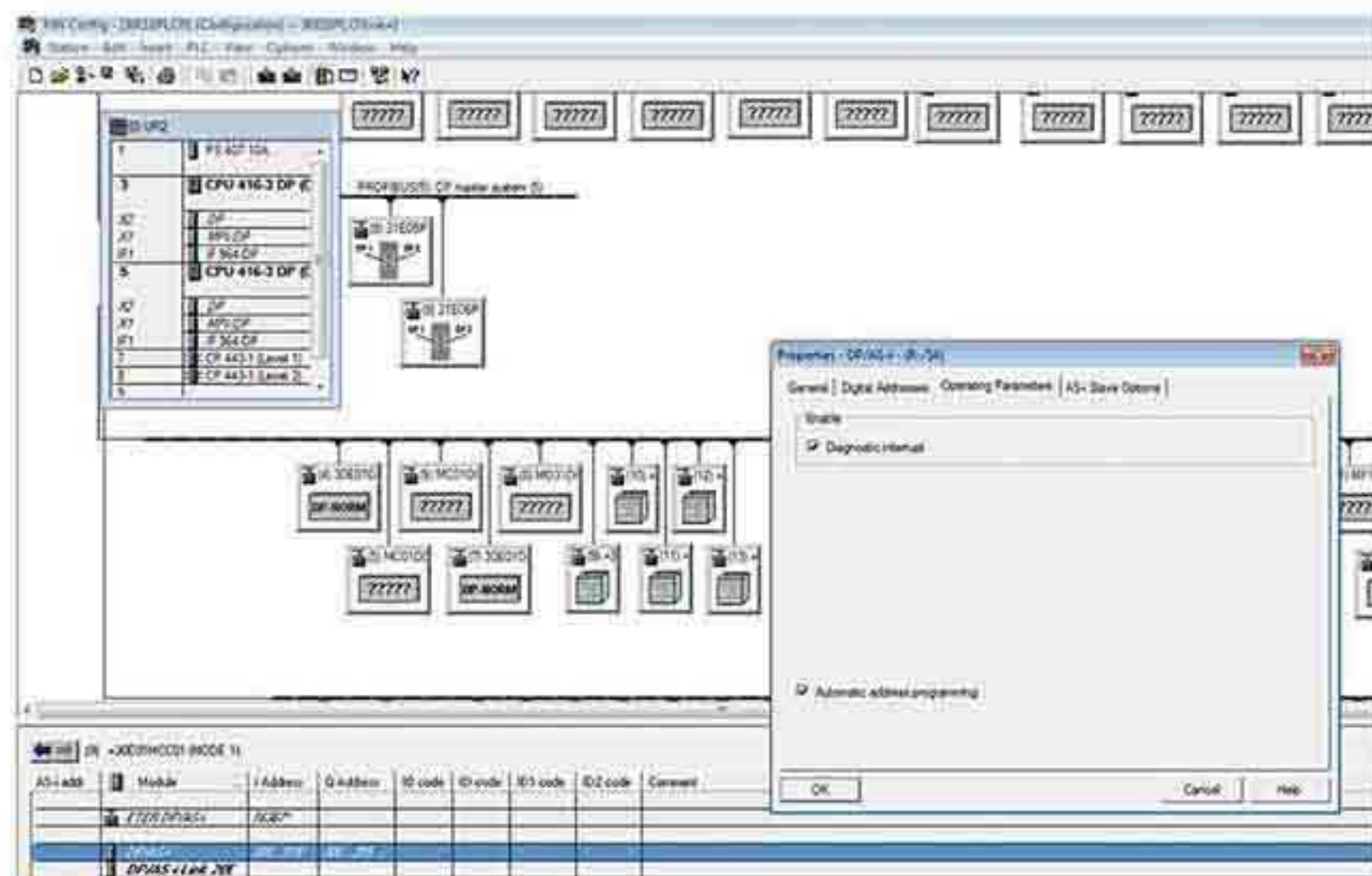
لایه دوم: در این قسمت دستگاه های VME, CNC, PLC یا کامپیوتر صنعتی بر کنترل سیستم اصلی و پردازش ها و عملیات SCADA نظارت می کند.

لایه اول: شامل انواع کوچک و متوسط PLC و کامپیوترهای PC صنعتی با کارت های میزبان می باشد که تک تک ماشین آلات را در فرآیند تولید کنترل می کنند.

لایه صفر: در این لایه هر بیت نمایش دهنده یک سوئیچ یا محرك است و از کلمات 16 بیتی برای حسگرهای آنالوگ استفاده می شود.

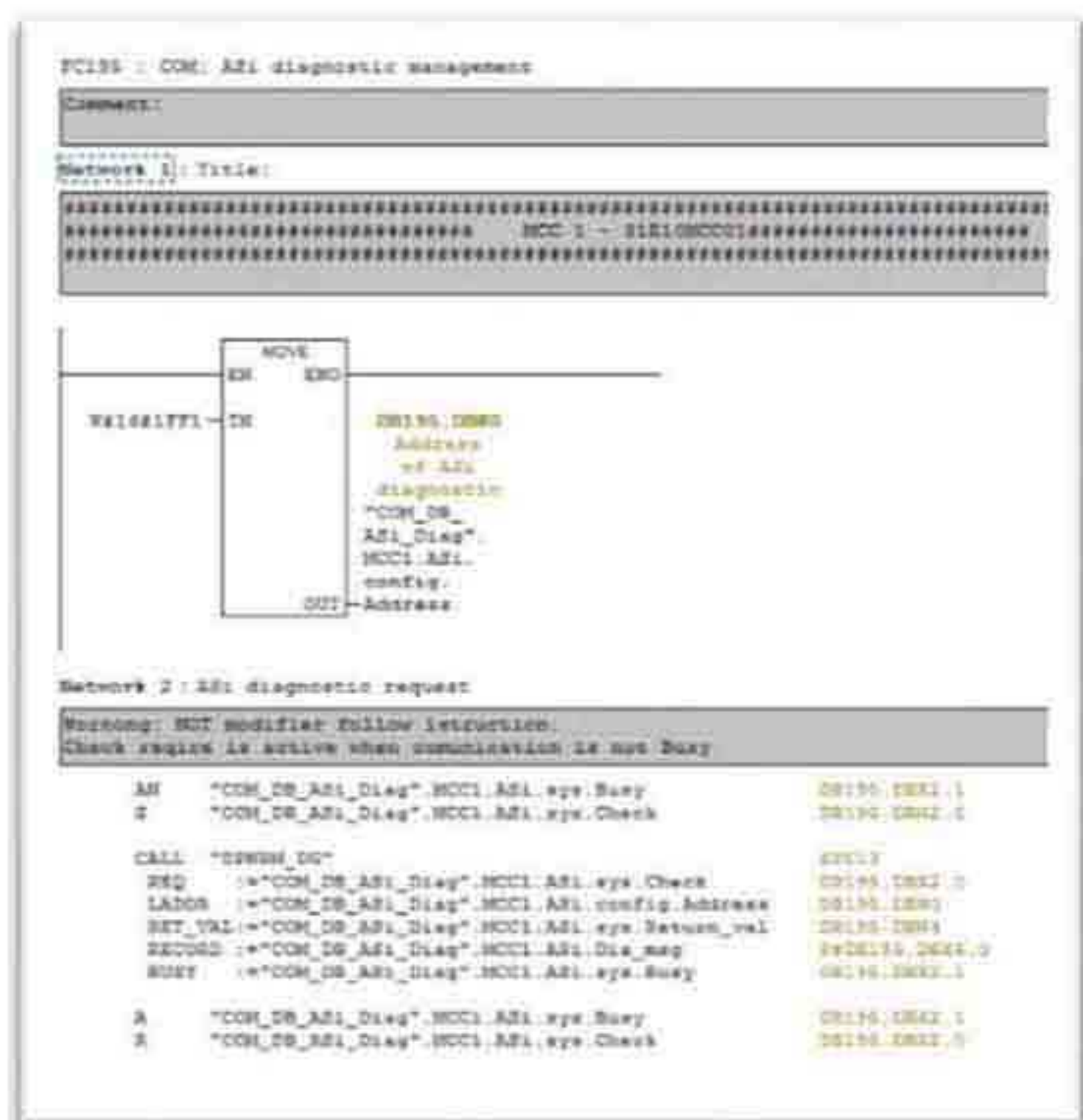
شبکه AS-I در لایه صفر هرم اتوماسیون قرار می گیرد.

- اعلام شماره Slave دارای فالت
 - اعلام آفلاین یا آنلاین بودن AS-I
 - تشخیص Loose Connection سنسورها از Slave
- همانطور که در شکل (۳) دیده می شود این قابلیت از طریق HwConfig PLC قابل انتخاب می باشد.



شکل ۳- قابلیت تشخیص خطا در شبکه ASI در HwConfig PLC

۱-۳- برنامه نویسی و طراحی HMI
 اجرای این برنامه توسط کارشناسان اتوماسیون و ابزار دقیق شرکت فولاد اکسین انجام شده است، برنامه مورد نظر در بلوک تابع ۲ مجزا از plc نوشته شد. قسمتی از برنامه نوشته شده در عکس شماره (۴) قابل مشاهده می باشد. همچنین جهت ذخیره و ثبت مقادیر نیاز به یک بلوک داده ۳ جهت ارتباط با تابع نوشته شده می باشد که این DB ۴ در عکس (۵) قابل مشاهده است. این برنامه اطلاعات مفید مورد نظر ما از AS-I و شرایط و خطاهای آن را جمع آوری و در بلوک داده مورد نظر ذخیره می گردند.



شکل ۴- Function Block نوشته شده جهت دریافت وضعیت شبکه ASI

- 2- Function Block
- 3- Data Block
- 4- Data Block

شبکه AS-I به دلیل متصل بودن به تعدادی زیادی از تجهیزات نظیر موتورها، سنسورها و عملگرها، بصورت معمول در معرض مشکلات و ایراداتی قرار می گیرد که می تواند منجر به وقوع خطا و توقف در فرایند تولید کارخانه شود. در چنین شرایطی می بایست پرسنل برق و ابزار دقیق با بررسی شرایط و آلام های ثبت شده در سیستم اقدام به شناسایی مشکل و یافت محل وقوع مشکل نمایند تا بتوانند مشکل را رفع نمایند، تجربه مشکلات مرتبط با شبکه AS-I نشان داده است به دلیل ماهیت این نوع شبکه و تجهیزات متصل به آن بیش از ۷۰ درصد زمان کل توقف خط تولید، صرف یافتن دلیل خطا و محل خطا در شبکه AS-I می شود، از طرفی دیگر تجربه نشان داده است که پرسنل واحد برق و ابزار دقیق در مورد خطایابی این تجهیزات بنا به دلایلی نظیر قرار گرفتن در مکان هایی که شرایط کاری چندان مساعدی ندارد و یا عدم مهارت کافی و یا عدم کاربری آسان این تجهیز، در خطایابی سریع به مشکل برخورد می کنند و ساعت ها صرف پیدا کردن مشکل و محل مشکل می شود.

تجهیزات سخت افزاری خاصی نظیر AS-Interface Analyzer وجود دارد که با کمک آنها می توان خطاهای شبکه AS-I را کشف کرد، این تجهیزات علاوه بر گران قیمت بودن، نیاز به مهارت کافی برای کار با تجهیزات و تسلط بر شبکه AS-I دارد، اما استفاده از این تجهیزات نیز زمان بر می باشد.

۳- راه حل پیشنهادی

به دلیل زمان بر بودن کشف خطا و محل آن، نیاز به روشی می باشد که پرسنل برق را در خطایابی سریع و محل وقوع خطا راهنمایی کرده و مانع از توقف های زیاد و تحمیل هزینه به شرکت گردد. لذا طرح اجرای سیستم مانیتورینگ ماژول های شبکه AS-I در نظر گرفته شده است تا محل وقوع خطا و دلیل آن را در اختیار پرسنل تعمیرات برق قرار دهد و امکان نظارت بر این تجهیزات به صورت لحظه ای فراهم خواهد شد. به این منظور باید به نحوی مشکلات و خطاهای ماژول های شبکه AS-I توسط PLC دریافت شود.

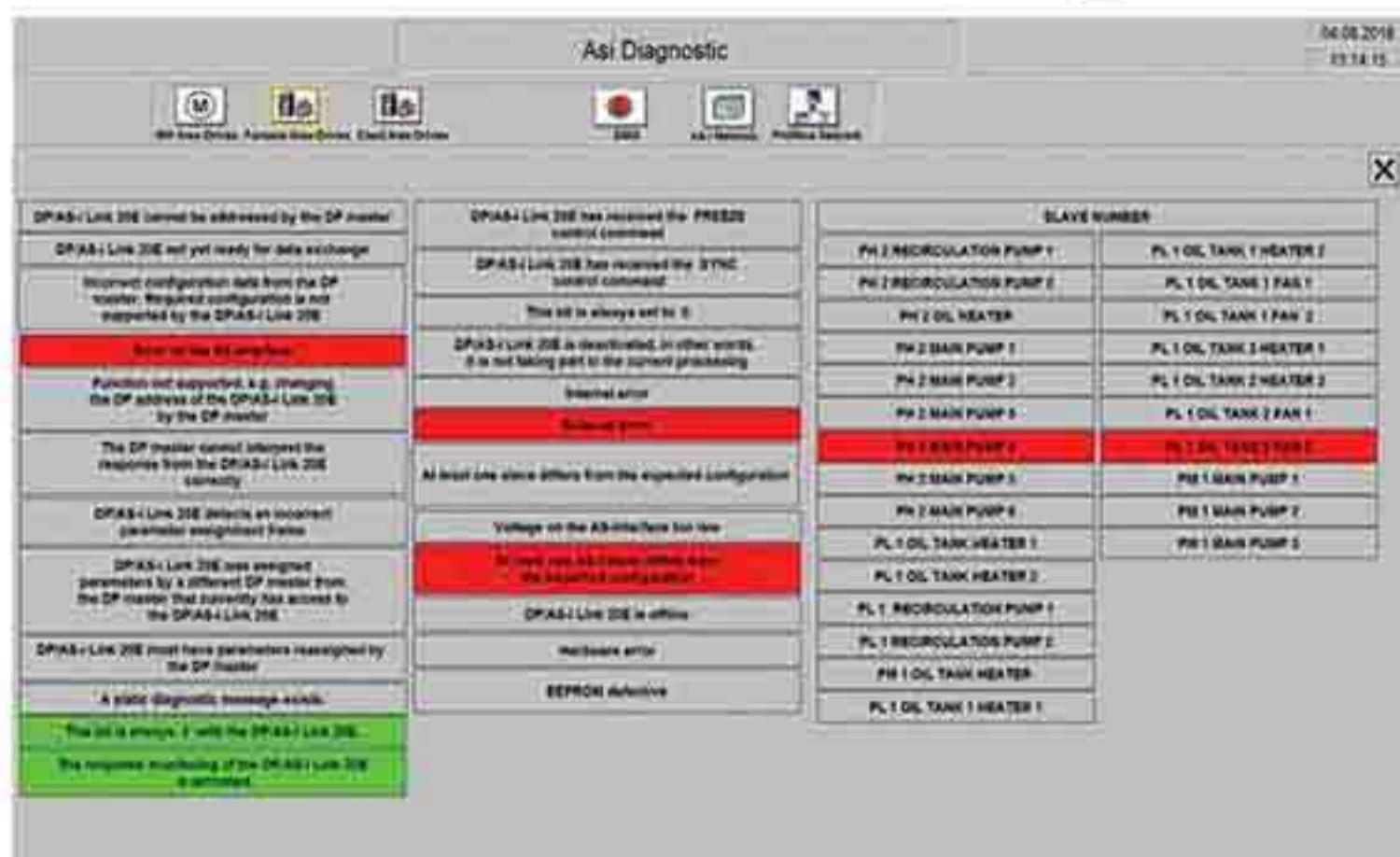
یکی از مهمترین ویژگی های این سیستم قابلیت تشخیص خطا می باشد که از طریق این قابلیت می توان اطلاعات زیادی از AS-I و همچنین Slave های زیر مجموعه اش بدست آورد که به چند نمونه از این اطلاعات اشاره می شود:

- اعلام قطعی شبکه Profibus متصل به AS-I
- اعلام خطا در آدرس دهی AS-I Master
- اعلام فالت خارجی یا داخلی AS-I Master
- اعلام فالت در سخت افزار یا نرم افزار
- اعلام قطع شدن یا ضعیف شدن ولتاژ ورودی

1- Diagnostic Interrupt

در صورت بروز هرگونه فالت در AS-I Master یا AS-I Slave ، شماتیک مربوط به اسم هر AS-I که شامل شماره MCC⁷ و شماره PLC Node می باشد ، به صورت قرمز چشمک زن در می آید . این مورد در شکل (۶) قابل مشاهده می باشد .

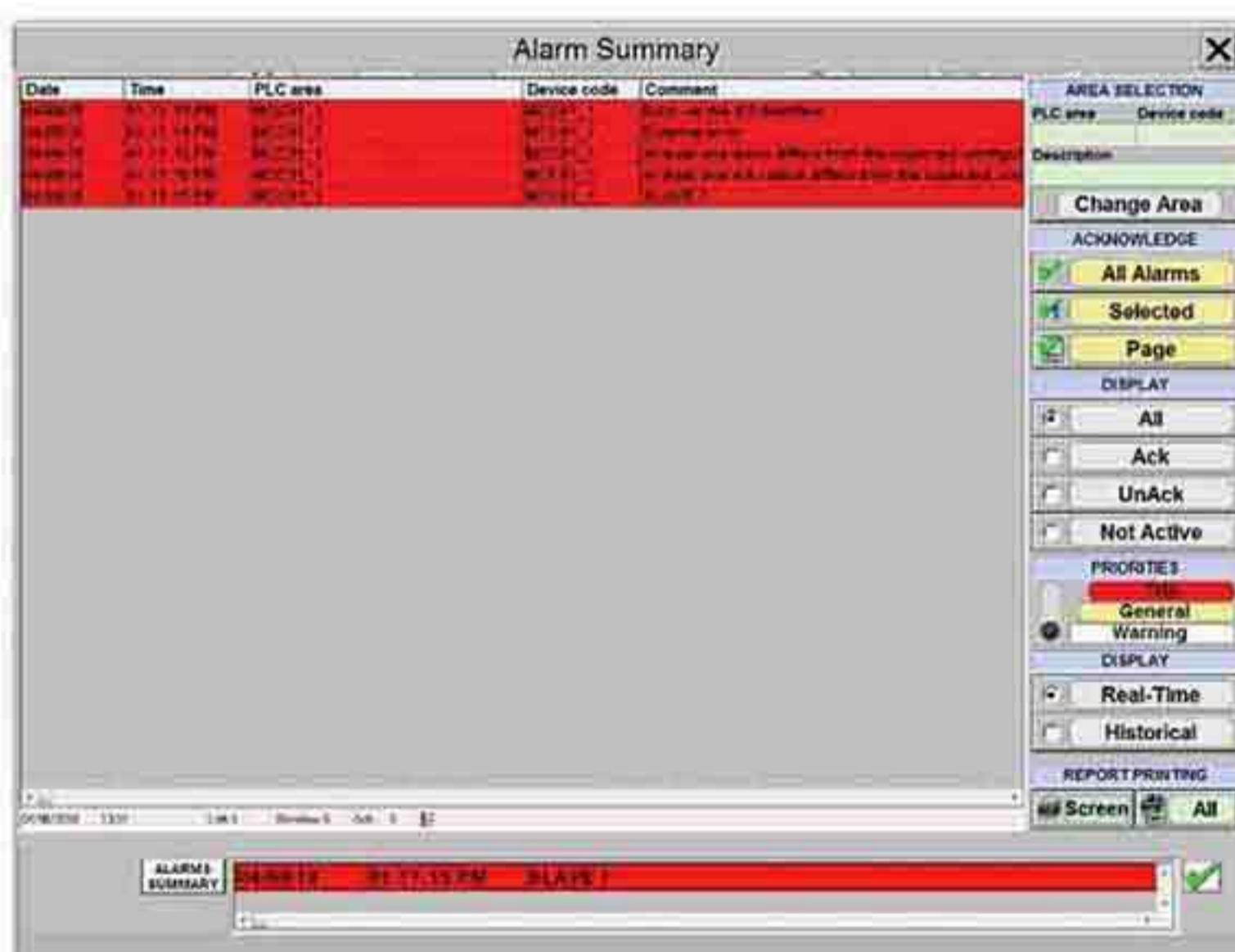
بعد از مشاهده فالت توسط پرسنل برق و باز کردن Asi دارای فالت ، صفحه مربوط به آن Asi که شامل تمام فالت های یک Asi می باشد نمایش داده می شود . این صفحه در عکس شماره (۷) قابل مشاهده می باشد .



شکل ۷ - صفحه AS-IDiagnostic Interrupt

همانطور که در تصویر شماره (۷) قابل مشاهده است ، تمامی فالت های یک ASI نمایش داده شده و در صورت فعال شدن هریک از فالت ها ، فالت مذکور به صورت قرمز چشمک زن دیده می شود . در تصویر شماره (۷) مشاهده می کنید که فالت بوجود آمده از Slave های ASI بوده ، به همین دلیل فالت External Error قرمز رنگ شده همچنین در قسمت Slave ها مشخص است که Slave دارای فالت مربوط به PH2 MAIN PUMP 4 و PH1 OIL TANK2 FAN2 می باشد . از اینرو پرسنل برق به راحتی و در کوتاه ترین زمان ، منبع و مکان فالت را شناسایی و نسبت به رفع آن اقدامات لازم را انجام می دهند .

در کنار این اطلاعات ، هشدارهای مربوط به این برنامه نیز در قسمت Alarm Summary سیستم HMI به صورت Online بروز رسانی می شوند . در صورتی که روی یکی از Slave ها فالتی بوجود آید حتی اگر این فالت به صورت لحظه ای باشد در این قسمت ذخیره و قابل مشاهده می باشد .

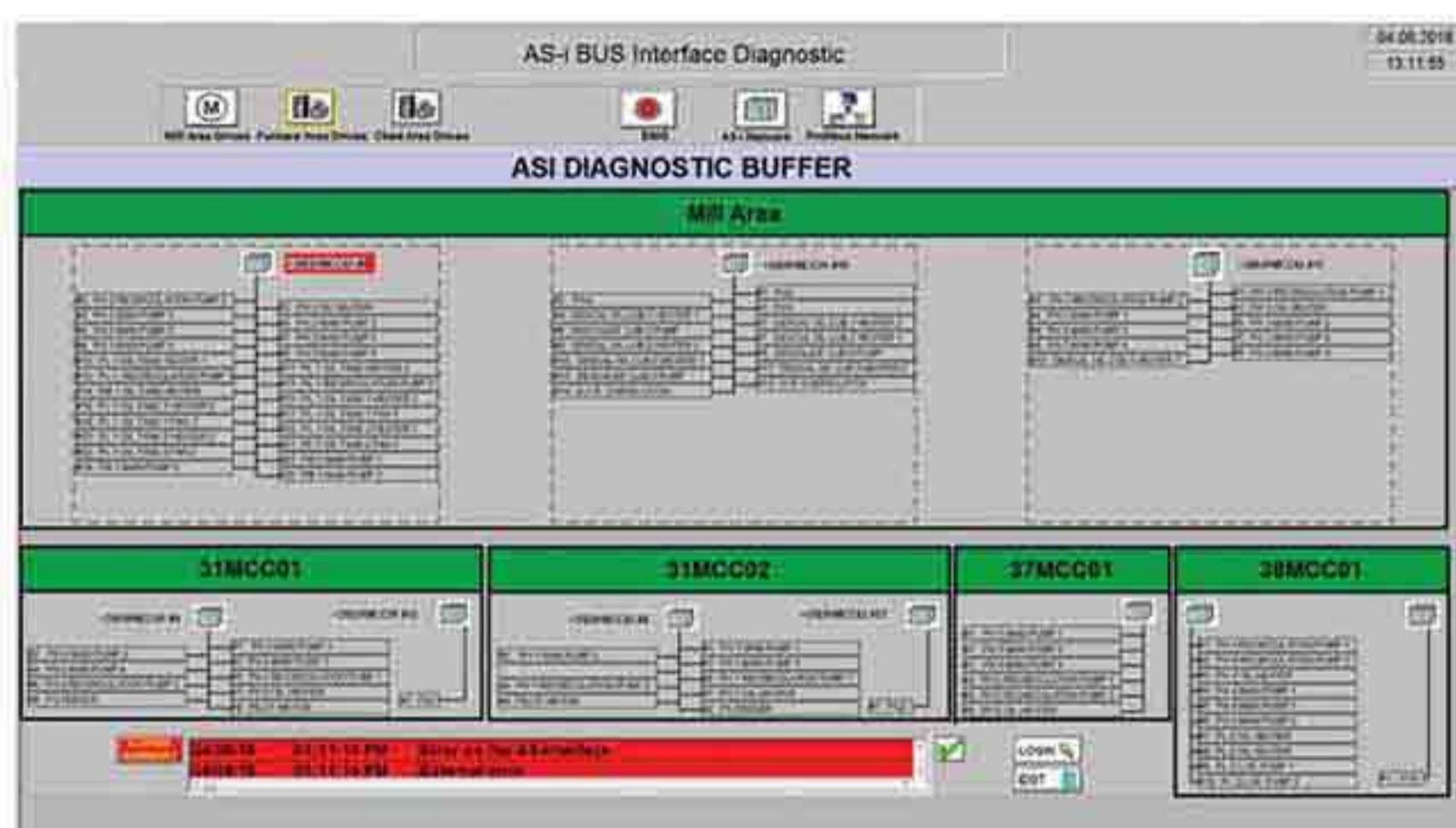


شکل ۸ - صفحه Alarm Summary

Address	Name	Type	Device	Comment
0.0	MCC1_ASI_confly_Address	BOOL	PH1002	Address of ASI diagnostic
2.0	MCC1_ASI_eyr_Check	BOOL	FALSE	Diagnostic info has changed
2.1	MCC1_ASI_eyr_Busy	BOOL	FALSE	Diagnostic request arrives
4.0	MCC1_ASI_eyr_Return_val	INT	0	Return value
4.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D0_00	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O not found (cable or cable no connect)
4.1	MCC1_ASI_Dia_msg_D0_01	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O not ready for communication
4.2	MCC1_ASI_Dia_msg_D0_02	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O incorrect parameter in DP master
4.3	MCC1_ASI_Dia_msg_D0_03	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O Error detect
4.4	MCC1_ASI_Dia_msg_D0_04	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O sda error
4.5	MCC1_ASI_Dia_msg_D0_05	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O profibus error
4.6	MCC1_ASI_Dia_msg_D0_06	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O need reparameterization
4.7	MCC1_ASI_Dia_msg_D0_07	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O DP master different response original
4.8	MCC1_ASI_Dia_msg_D0_08	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O need reparameterized with master DP
7.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D1_00	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O status diagnostic active
7.1	MCC1_ASI_Dia_msg_D1_01	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O signal always on
7.2	MCC1_ASI_Dia_msg_D1_02	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O internal protection active
7.3	MCC1_ASI_Dia_msg_D1_03	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O VSETEX demand active
7.4	MCC1_ASI_Dia_msg_D1_04	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O VSETEX demand active
7.5	MCC1_ASI_Dia_msg_D1_05	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O signal always off
7.6	MCC1_ASI_Dia_msg_D1_06	BOOL	FALSE	1: DP/AS-I link I/O off line
8.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D2_00	BOOL	FALSE	Not used
8.1	MCC1_ASI_Dia_msg_D2_01	BOOL	FALSE	Not used
8.2	MCC1_ASI_Dia_msg_D2_02	BOOL	FALSE	Not used
8.3	MCC1_ASI_Dia_msg_D2_03	BOOL	FALSE	Not used
8.4	MCC1_ASI_Dia_msg_D2_04	BOOL	FALSE	Not used
8.5	MCC1_ASI_Dia_msg_D2_05	BOOL	FALSE	Not used
8.6	MCC1_ASI_Dia_msg_D2_06	BOOL	FALSE	Not used
8.7	MCC1_ASI_Dia_msg_D2_07	BOOL	FALSE	Not used
8.8	MCC1_ASI_Dia_msg_D2_08	BOOL	FALSE	Not used
9.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D3_00	BYTE	PH1002	Master profibus addr. (Hex)
9.1	MCC1_ASI_Dia_msg_D3_01	BYTE	PH1002	DP/AS-I link I/O mastermaster ID 4 byte
11.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D5_00	BYTE	PH1002	DP/AS-I link I/O checksum ID 1 byte
12.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D6_00	BYTE	PH1002	DP/AS-I link I/O device ID and link (Hex value 63 Hex)
13.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D7_00	BYTE	PH1002	DP/AS-I link I/O device ID (Hex value 00 Hex)
14.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D8_00	BYTE	PH1002	DP/AS-I link I/O device ID (Hex value 00 Hex)
15.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D9_00	BYTE	PH1002	DP/AS-I link I/O device ID and link (Hex value 13 Hex)
16.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D10_00	BYTE	PH1002	DP/AS-I link I/O device ID (Hex value 01 Hex)
17.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D11_00	BYTE	PH1002	DP/AS-I link I/O device ID (Hex value 04 Hex)
18.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D12_00	BYTE	PH1002	DP/AS-I link I/O device ID (Hex value 00 Hex)
19.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D13_00	BOOL	FALSE	1: Cumulative error
19.1	MCC1_ASI_Dia_msg_D13_01	BOOL	FALSE	1: Cumulative error (ESD000 defen on device malfunction)
19.2	MCC1_ASI_Dia_msg_D13_02	BOOL	FALSE	1: External error (drive damage on APT)
19.3	MCC1_ASI_Dia_msg_D13_03	BOOL	FALSE	1: One slave of nine have different nominal parameter
19.4	MCC1_ASI_Dia_msg_D13_04	BOOL	FALSE	1: AS-I interface insufficient voltage (APT)
19.5	MCC1_ASI_Dia_msg_D13_05	BOOL	FALSE	Not used
19.6	MCC1_ASI_Dia_msg_D13_06	BOOL	FALSE	Not used
19.7	MCC1_ASI_Dia_msg_D13_07	BOOL	FALSE	Not used
20.0	MCC1_ASI_Dia_msg_D14	BYTE	PH1002	DP/AS-I link I/O device class (LC Hex)

شکل ۵ - Data Block نوشته شده جهت دریافت وضعیت شبکه AS-I

در کنار برنامه های نوشته شده در PLC جهت استخراج و ثبت فالت ها و آلارم های بوجود آمده ، یک صفحه HMI⁵ برای استفاده به عنوان پایش وضعیت شبکه AS-I تهیه شده است که در کامپیوتر پایش وضعیت آنلاین^۶ در اتاق کنترل برق طراحی و اجرا شده است . جهت خلاصه تر بودن برنامه از همان دیتا بلاک واسط بین AS-I و PLC برای ارتباط و بین PLC و HMI استفاده شده است .



شکل ۶ - AS-I BUS های استفاده شده در ناحیه نورد

همان گونه که در شکل (۶) مشاهده می شود شماتیک تمامی ASI BUS های استفاده شده در ناحیه نورد در صفحه AS-I BUS Interface Diagnostic Interrupt قابل مشاهده است . همچنین Slave های هر AS-I جهت سهولت عیب یابی به صورت نمودار درختی زیر ASI Master درج شده است .

7- motor control centers

5 - Human Machin Interface

6 - Online Monitoring

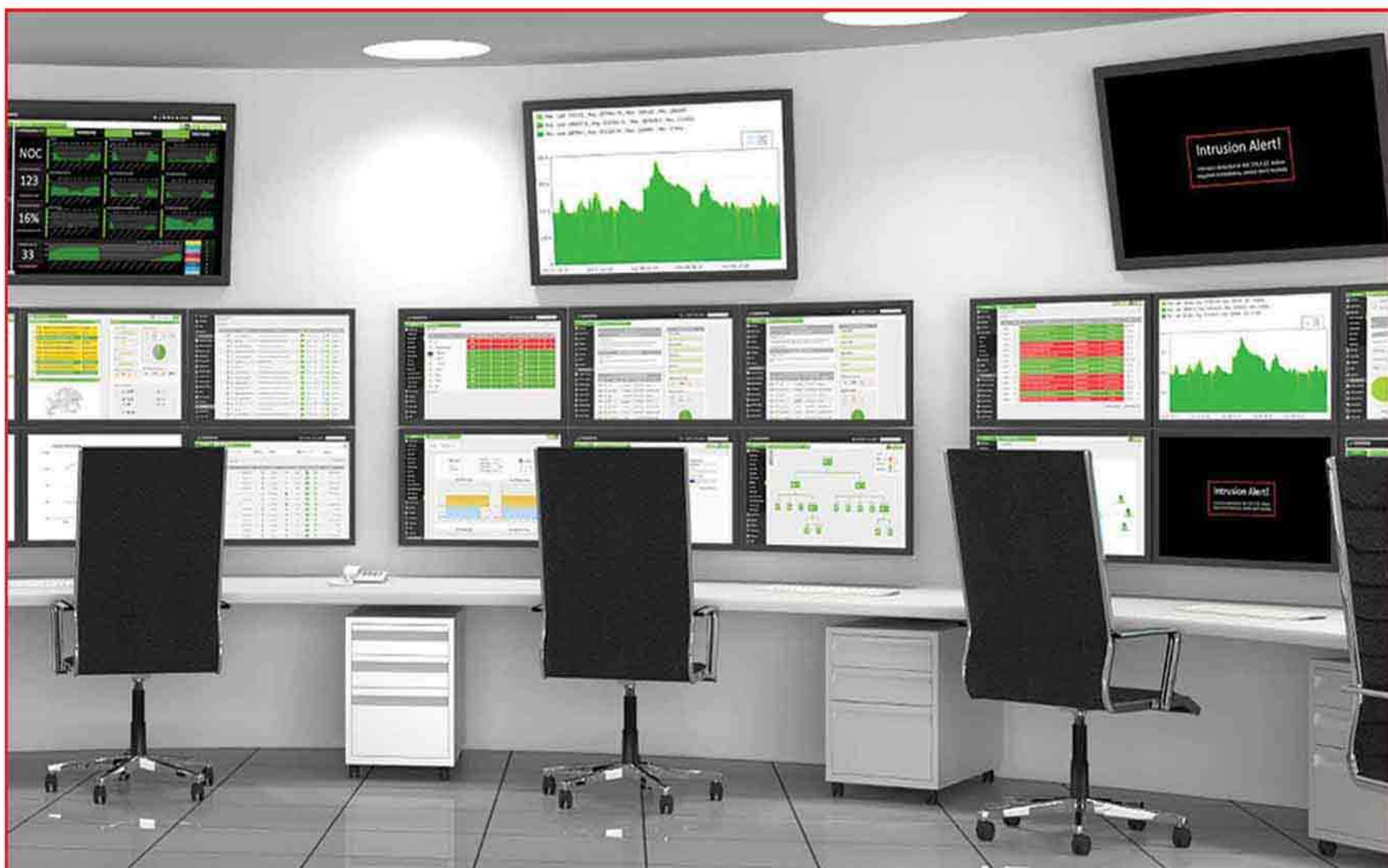
همانطور که در تصویر شماره (۸) قابل مشاهده است، علاوه بر ساعت و تاریخ بوجود آمدن فالت اطلاعاتی شامل شماره MCC و همچنین نوع فالت بوجود آمده و شماره Slave دارای فالت در این قسمت درج می شود.

همانطور که مشخص است اگر فالتی بوجود آمده و هنوز رفع نشده باشد فالت مذکور به زنگ قرمز در این صفحه قابل مشاهده است و اگر فالتی به صورت لحظه‌ای اتفاق افتاده باشد و خود به خود رفع شده باشد (مانند Loose Connection که به صورت لحظه‌ای اتفاق می افتد) این فالت در سیستم ثبت شده و به رنگ آبی کمرنگ دیده می شود. که جهت جلوگیری از بروز مجدد فالت توسط پرسنل برق مورد بررسی قرار می گیرد و از وقوع مجدد آن جلوگیری به عمل آورد.

۴- جمع بندی

با اجرای این طرح خطایابی و یافتن محل مشکل به سادگی و در کوتاه ترین زمان ممکن مقدور خواهد بود، که این موضوع منجر به کاهش زمان توقفات تولید به دلیل مشکل در شبکه AS-i خواهد شد، به علاوه به دلیل ثبت Loose Connection های سنسورها در الارم های HMI، امکان پیگیری این نوع ایرادها پیش از آنکه منجر به توقف شود، وجود خواهد داشت. این امکان تاثیر به سزایی در توقفات پیش بینی نشده خواهد داشت.





مانیتورینگ و کلیدزنی از راه دور پست‌های برق شرکت فولاد اکسین خوزستان با WinCC و PLC

وحید لرکی، وحید وفايي نیا، مسلم حسين پور، محمد امين محسنی، بهنام مهديان

شرکت فولاد اکسین خوزستان

v.larki@oxinsteel.ir

چکیده

مقاله حاضر پروژه مانیتورینگ پست‌های برق ۳۳ کیلو ولت و ۶/۶ کیلو ولت شرکت فولاد اکسین خوزستان را مورد بررسی قرار می‌دهد. شرکت فولاد اکسین خوزستان دارای ۸ پست برق در قسمت‌های مختلف با مصارف گوناگون می‌باشد که از فناوری جدید بهره می‌برند. هر پست دارای ترانسفورماتور و تعدادی بریکر مدل ABB DH4 می‌باشد که بر روی تابلو سویچ‌گیر آنها انواع رله‌های Schneider Electric Sepam سری S20, S40, M20 نصب شده است. به علت فواصل بین پست‌ها، انتقال اطلاعات بطور آنی، صحیح و به موقع در مورد وضعیت سیستم‌ها مقدور نبود، همچنین امکان قطع و وصل کلیدهای قدرت، در صورت نیاز، از راه دور و به صورت ایمن امکان پذیر نبود، این عمل توسط اپراتور در محل و به صورت دستی با فشار دادن کلید قطع و وصل از روی تابلو انجام می‌پذیرفت، که بسیار از لحاظ ایمنی مخاطره آمیز می‌باشد. لذا با توجه به اهمیت نمودارها و خطاها، زمان قطع و وصل و ... یک سیستم کنترل و مانیتورینگ با استفاده از WinCC, PLC S7 400 طراحی گردیده است که می‌توان انتظارات مربوط به دریافت آنی و صحیح اطلاعات مربوط به هر پست برق را برآورده نمود و باعث کاهش خطرات و اشتباهات گردد و بتوان در مدت کوتاه با تصمیم‌گیری دقیق‌تر و سریع‌تر جهت مانورهای مورد نیاز اقدام نمود و عملیات قطع و وصل را به صورت ایمن از راه دور و از طریق HMI¹ انجام داد.

واژگان کلیدی: کلیدزنی، پست برق، سویچ‌گیر، مانیتورینگ، WinCC, PLC S7 400.

عیب و نقص در آنها به ندرت رخ می‌دهد اما وقوع عیب، ممکن است سبب بروز حوادثی همچون انفجار، سوختن روغن، ایجاد ابرهای گازی و بروز جراحات جدی در افراد شده و حتی در مواردی منجر به مرگ و میر و نیز آسیب به تجهیزات حیاتی کارخانه و ساختمان‌های مجاور شود و زیان‌های مالی را نیز به وجود آورد. سوئیچ‌گیرهای گازی (6SF) و خلاء، خطرات ناشی از آتش‌سوزی روغن را نداشته اما ممکن است ضایعات دیگری در آنها روی دهد که برای پیش‌گیری از آن نیاز به مدیریت و سازماندهی است. تجربه‌های گذشته نشان داده که عیب و نقص معمولاً پس از راه‌اندازی یا اندکی پس از راه‌اندازی سوئیچ‌گیر روی می‌دهد. سوئیچ‌گیر شامل قسمت‌های زیر است:

- باسبار^۷ (شین^۸)
- مقره^۹ اتکایی
- بریکر^{۱۰} (کلیدهای قدرت)
- ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان^{۱۱}
- ترانسفورماتور اندازه‌گیری ولتاژ^{۱۲}
- رله^{۱۳} Schneider Electric Sepam



شکل ۲- تابلو سوئیچ‌گیر پست برق

۱-۲-۱- شین

ترانسفورماتور، سیم‌ها و کابل‌های یک پست برق که ولتاژ مساوی دارند با یک شمش یا یک رسانا به نام شین در هر فاز به هم وصل می‌شوند، در اصطلاح شین یا باسبار محل تجمع و یا پخش انرژی می‌باشد و از آنجا به طور مستقیم با همان ولتاژ و یا به کمک ترانسفورماتور افزایش یافته یا کاهش یافته با ولتاژ دیگر به مصرف‌کننده و یا شین‌های دیگر هدایت می‌گردند.

7 - BusBar
8 - slack bus
9 - insulator
10 - Circuit breaker

11 - current transformer-CT
12 - Voltage Transformer- PT
13- protection-relay

۱- مقدمه

شرکت فولاد اکسین خوزستان با توجه به گستردگی بخش‌های مختلف دارای ۸ پست برق می‌باشد که هر پست با توجه به مصرف‌کننده‌های خود، تبدیل ولتاژ و عملیات کلیدزنی^۲ را انجام می‌دهد، در شرکت فولاد اکسین خوزستان برق اصلی کارخانه از طریق پست اصلی ۲۳۰ به ۳۳ کیلوولت به پست ۹۰ وارد می‌شود و از طریق پست ۹۰^۳ در قسمت‌های مختلف خط تولید توزیع می‌گردد. با توجه به اهمیت پایداری برق اصلی کارخانه جهت تداوم کار تولید و جلوگیری از آسیب به تجهیزات خط تولید در صورت وقوع مشکل در برق کارخانه، پایش تجهیزات پست برق ۹۰ از اهمیت خاصی برخوردار است. هر پست برق دارای بخش‌های مختلفی می‌باشد که در ادامه بخش‌های مهم آن شرح داده خواهد شد.

۱-۱- ترانسفورماتور^۴:

ترانسفورماتور یکی از وسایل بسیار مهم تبدیل جریان و ولتاژ الکتریکی متناوب است که ولتاژ و جریان را با همان فرکانس جریان متناوب انتقال می‌دهد، بطوریکه انرژی ولتاژ مختلف را تبدیل به همان انرژی با ولتاژ مورد نظر می‌نماید و همچنین جریان را از مقدار داده شده در یک مدار به جریانی با اندازه‌های متفاوت در مدار دیگر تبدیل کند. امروزه ترانسفورماتور وسیله‌ای لازم و ضروری در دستگاه‌های انتقال انرژی الکتریکی و پخش و توزیع انرژی الکتریکی متناوب است.



شکل ۱- ترانسفورماتور قدرت

۱-۲- سوئیچ‌گیر^۵:

مجموعه‌ای از تجهیزات که در یک ولتاژ معین رابطه بین دو باس^۶ را برقرار می‌کند، سوئیچ‌گیر گفته می‌شود، به طور کلی، سوئیچ‌گیرها قابلیت راه‌اندازی و اطمینان مناسبی داشته و

2- Switching
3- SubStation
4- Transformator
5 - Switchgear
6 - Bus



شکل ۵- بریکر گازی ABB DH4

۴-۲-۱- ترانسفور ماتور جریان (C.T)

به دلیل بالا بودن جریان در شبکه های انتقال نیرو و همچنین به دلیل بالا بودن ولتاژ نیاز به نمونه برداری جریان از قسمتهای مختلف شبکه می باشد این کار بوسیله ترانس جریان انجام می گیرد، ترانس جریان دو عمل را برای ما انجام می دهد:

الف. برای مقاصد اندازه گیری: جریان های بالا را به جریانهای پایین قابل اندازه گیری توسط تجهیزات کنترلی تبدیل می کند.

ب. برای مقاصد حفاظت شبکه: باعث ایزوله شدن شبکه های فشار قوی از سیستم های اندازه گیری و حفاظت می باشد. لازم به ذکر است که CT در مدار فشار قوی بصورت سری در مدار قرار می گیرد. ترانس جریان بکار رفته در تابلو سویچ گیر پست برق فولاد اکسین خوزستان از برند Wattsud می باشد.



شکل ۶- ترانس جریان CT



شکل ۳- شین در تابلو سویچ گیر

۴-۲-۱- مقره اتکایی

مقره اتکایی دارای مقاومت الکتریکی بالایی بوده و بین هادی های برقدار و سازه های نگه دارنده قرار می گیرند.



شکل ۴- مقره اتکایی

۴-۲-۱- بریکر

بریکر کلیدی است که علاوه بر قطع و وصل خط حفاظت شبکه را نیز بر عهده دارد و در شرایط اتصال کوتاه شدن شبکه بوسیله عملکرد رله ها قسمت معیوب را مجزای نماید. بریکر با فرمان از راه دور، از اتاق فرمان و از نزدیک با تحریک بوبین قطع و وصل بریکر که بوسیله برق DC تغذیه می شود، عمل و قطع یا وصل بریکر انجام می گردد. بریکرهای به کار رفته در تابلوهای سویچ گیر پست های برق فولاد اکسین خوزستان، گازی و از نوع ABB DH4 می باشند.

۲- شرح مشکل

هر کدام از تابلوهای سویچ گیر پست‌های برق متناسب با خروجی و مصرف کننده ها طراحی گردیده است و بر این اساس دارای تعدادی ترانسفورماتور و بریکر می‌باشد که برای حفاظت جریان و ولتاژ بر روی هر کدام یک رله Schneider Electric Sepam نصب گردیده است تا بتوان خطاها و آلام‌ها، تریپ‌های مختلفی مثل حالت زمین و جریان اضافه بار برای فالت‌ها، آستانه آلام حرارتی و ... را در صفحه موجود بر روی نمایشگر یا سیگنال‌های خروجی رله‌ها، مشاهده کرد.

آلام‌ها به دو دسته تقسیم می‌شود: ۱- تریپ، ۲- هشدار که هر کدام نیز به دو دسته زودگذر و پایدار تقسیم می‌شوند. آلام زودگذر که باریست شدن بر طرف می‌شوند و آلام‌های پایدار مثل عملکرد رله بوخهلتس^{۱۴} و یک سری آلام‌های دیگر باقی می‌مانند تا رفع عیب به عمل آید.

با توجه به اهمیت پایداری برق اصلی کارخانه جهت تداوم کار تولید و جلوگیری از آسیب به تجهیزات خط تولید در صورت وقوع مشکل در برق کارخانه، پایش تجهیزات پست از اهمیت خاصی برخوردار است، لذا جهت بررسی آلام‌های مربوط به رله‌ها و ترانسفورماتورها در هنگام رخ دادن خطا و همچنین قطع و وصل کلیدهای قدرت، در صورت نیاز، اپراتور می‌بایست در محل و به صورت دستی با فشار دادن کلید قطع و وصل از روی تابلو سویچ گیر انجام می‌پذیرفت، که بسیار از لحاظ ایمنی مخاطره آمیز می‌باشد، همچنین ممکن است که به علت فواصل بین پست‌ها، انتقال اطلاعات بطور آنی، صحیح و به موقع مقدور نبود. (شکل ۹)



شکل ۹- کلیدزنی دستی از روی تابلو سویچ‌گیر

۱-۲-۵- ترانسفورماتور ولتاژ (P.T)

ترانسفورماتور ولتاژ، ترانسفورماتور خاصی است که اولیه‌ای با ولتاژ زیاد و ثانویه‌ای با ولتاژ کم دارد. توان نامی این ترانسفورماتور بسیار کم است، و تنها هدف آن فراهم کردن نمونه‌ای از ولتاژ سیستم قدرت برای دستگاههای اندازه‌گیری و کنترل و رله‌های حفاظتی است. چون ترانسفورماتور ولتاژ به منظور نمونه‌گیری ولتاژ به کار می‌رود، باید بسیار دقیق باشد تا موجب اعوجاج ولتاژهای واقعی نشود. ترانس ولتاژ بکار رفته در تابلو سویچ‌گیر پست برق فولاد اکسین خوزستان از برند Wattsud می‌باشد.



شکل ۷- ترانس ولتاژ PT

۱-۲-۶- رله

دستگاهی است که در اثر تغییر کمیت الکتریکی و یا فیزیکی مشخصی تحریک می‌شود و موجب به کار افتادن دستگاه و یا دستگاه‌های الکتریکی می‌گردد، عوامل زیر می‌تواند باعث عملکرد رله شود:

- عیب یا خرابی تجهیزات
- شرایط نامساعد جوی
- عوامل خارج از شبکه یا قطعی‌های خارج از کنترل
- عملکرد رله‌های حفاظتی و عیوب گذرا و نوسانات شدید شبکه
- خطای نیروی انسانی



شکل ۸- رله حفاظت Schneider Electric Sepam

۳- روش پیشنهادی

جهت رفع مشکلات مربوط به مانیتورینگ^{۱۵} تجهیزات پست و ایمن سازی فرایند کلیدزنی توسط اپراتور، طرحی بر اساس سیستم های اتوماسیونی با کمک S7400 PLC و WinCC پیشنهاد می شود که نیازهای فوق را مرتفع گرداند.

با توجه به اینکه سیگنال های هشدار و تریپ مربوط به ترانسفورماتور قدرت با کابل مسی از ترانسفورماتور به تابلو سویچ گیر وارد شده است (شکل ۱۰). همچنین این سیگنال ها به عنوان ورودی به رله نیز وارد شده است که شامل موارد زیر می باشد:

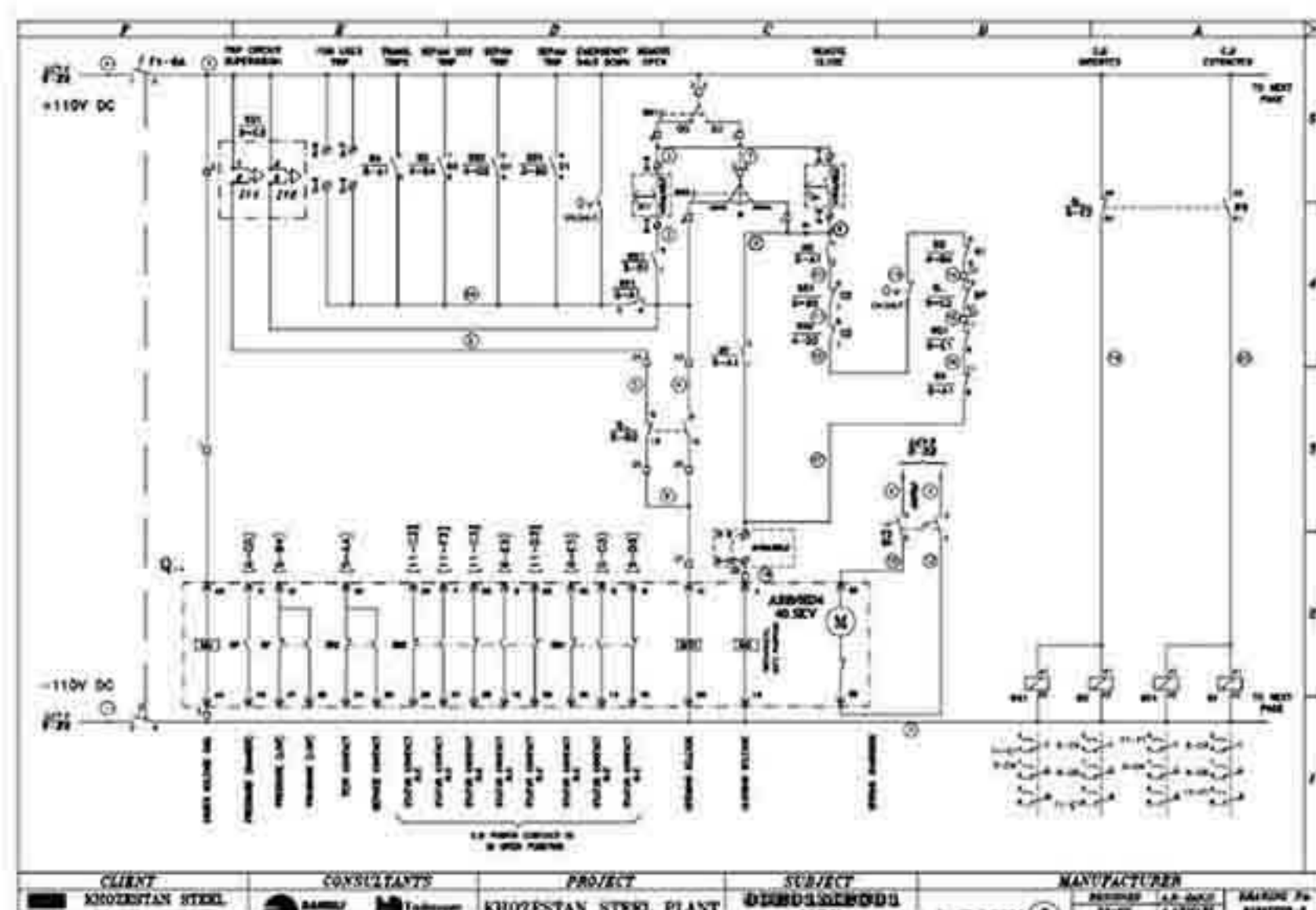
- Over Press Trip
- Winding Temp Trip
- Buchholtz Trip
- Oil Temp Trip
- Winding Temp Alarm
- Buchholtz Alarm
- Oil Temp Alarm
- Oil Level Alarm

می توان این سیگنال ها را جهت مانیتورینگ و کنترل شرایط ترانسفورماتور قدرت، به عنوان ورودی به PLC ارسال نمود. بریکر، رله، ترانس جریان و ترانس ولتاژ، داری تعدادی سیگنال و سویچ می باشند که شرایط رله، بریکر، ترانس جریان و ولتاژ را نشان می دهد. این سیگنال ها شامل موارد زیر می باشد:

- Ground Switch OPEN
- Ground Switch CLOSE
- Circuit Breaker OPEN
- Circuit Breaker CLOSE
- Circuit Breaker INSERT
- Circuit Breaker RETRACT
- PT Switch Disconnecter OPEN
- PT Switch Disconnecter CLOSE
- Active Energy TRANSDUCER
- Reactive Energy TRANSDUCER
- OverCurrent PROTECTION
- Earth Fault Protection
- Undervoltage Protection
- Overvoltage Protection
- voltage Protection
- Incoming PTs MV Fuese PROTECTION
- Lock-out RELAY

- Secondary v.t. Circuit Tripped
- Auxiliary AC Voltage FAULT
- Auxiliary DC Voltage FAULT
- INTERNAL RELAY #1
- INTERNAL RELAY #2
- Analog inputs
- Phase #1 Current [A]
- Phase #2 Current [A]
- Phase #3 Current [A]
- Active Power [MW]
- Active Power [MVAR]
- Power Factor
- Frequency [Hz]
- Vlotage [kV]

هر کدام از این سیگنال ها از طریق سیم مسی مطابق (شکل ۱۰) به تابلو سویچ گیر وارد شده است. (شکل ۱۱)



شکل ۱۰- نقشه مدار کلیدزنی بریکر



شکل ۱۱- سیگنال های تجهیزات تابلو سویچ گیر

برای ایجاد یک سیستم اتوماسیونی برای کلیدزنی و مانیتورینگ پست برق، می بایست سیگنال های مربوط به تجهیزات تابلو سویچ گیر به عنوان سیگنال ورودی به PLC ارسال شود. به این منظور سیگنال های مربوط به ترانسفورماتور قدرت، رله، ترانس جریان و ترانس ولتاژ که در تابلو سویچ گیر قرار دارد، از روی تابلو سویچ گیر به رله های ۱۱۰ ولت زمینس^{۱۶} متصل می شود سپس خروجی رله های ۱۱۰ ولت به کارت های ورودی دیجیتال زمینس متصل گردید تا

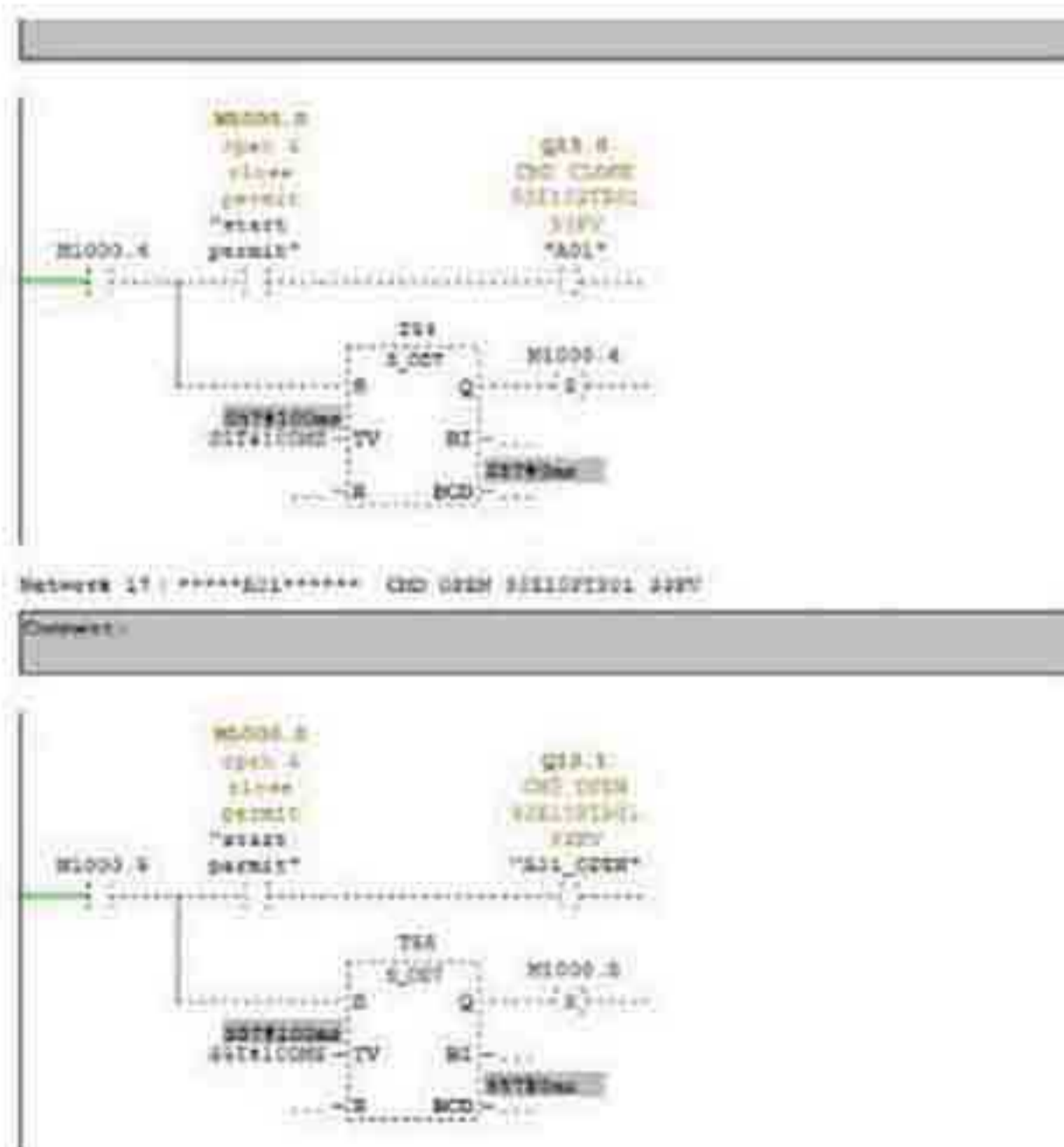


شکل ۱۳- رله‌های نصب شده در تابلو سویچ‌گیر



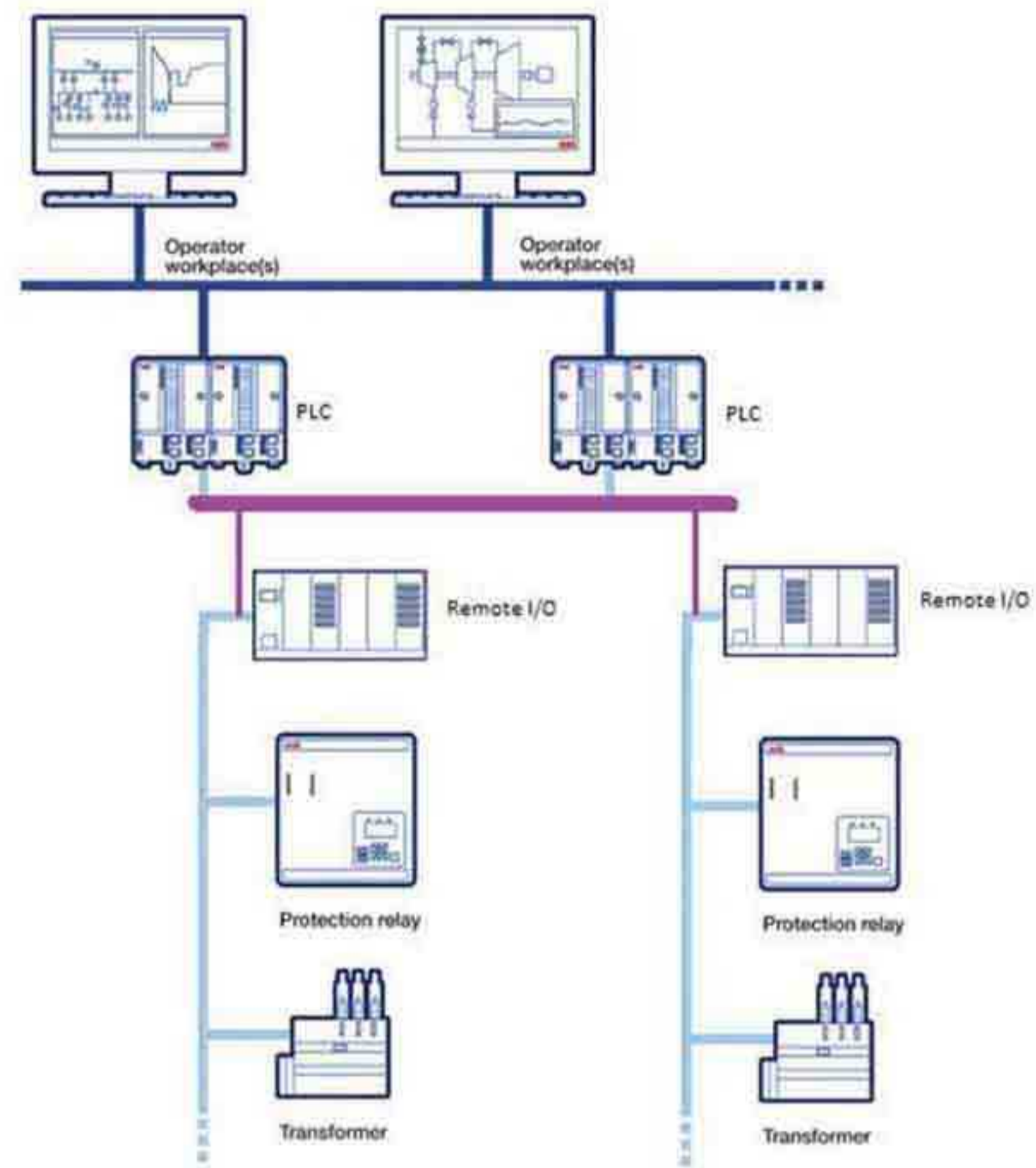
شکل ۱۴- کارت‌های ورودی اضافه شده به Remote I/O برای ارسال سیگنال‌ها به PLC

این طرح با تکیه بر دانش فنی کارشناسان برق و ابزار دقیق و اتوماسیون صنعتی شرکت فولاد اکسین در مدت ۱ ماه و با صرف ۸۰۰ نفر ساعت کار انجام شده است. بیش از ۲۰۰۰ متر کابل مسی جهت برقراری ارتباط بین سیگنال‌های تابلو سویچ‌گیر و PLC استفاده شده است همچنین ۱۰۰ عدد رله ۱۱۰ ولت زیمنس و ۱۲۰ کارت ورودی زیمنس نیز نصب و بکار رفته است. سپس برنامه لازم جهت فرایند مانیتورینگ و کلیدزنی در PLC طراحی شده است (شکل ۱۵) و HMI لازم جهت کلیدزنی و مانیتورینگ طراحی و در اختیار اپراتور قرار داده شد. (شکل ۱۶ و ۱۷ و ۱۸)



شکل ۱۵- قسمتی از برنامه PLC برای کلیدزنی

وضعیت، سپس همه این ورودی‌ها از طریق ET200 Remote I/O به PLC متصل شد. (شکل ۱۲ و ۱۳ و ۱۴)



شکل ۱۲- طرح پیشنهادی برای ارسال سیگنال‌های تجهیزات تابلو سویچ‌گیر به PLC

به این ترتیب وضعیت ترانسفورماتور و وضعیت هر یک از سیگنال‌های مربوط به تجهیزات تابلو سویچ‌گیر در PLC مشخص می‌باشد. سپس برنامه لازم جهت مانیتورینگ و کلیدزنی در PLC طراحی می‌شود که امکان مانیتور کردن شرایط پست‌ها و ترانسفورماتور و همچنین قطع و وصل کردن کلیدهای قدرت فراهم شود. (شکل ۱۲)

برای اجرای کلیدزنی از راه دور کارت، فرمان PLC از طریق یک کارت خروجی دیجیتال به ورودی یک رله ۲۴ ولت که در تابلو PLC نصب شده است، داد می‌شود و خروجی رله ۲۴ ولت برای تحریک بوبین قطع و وصل بریکر استفاده می‌شود. خروجی رله ۲۴ ولت با کابل مسی به تابلو سویچ‌گیر ارسال می‌شود.

به این ترتیب فرمان قطع و وصل بریکر از طریق PLC به بریکر اعمال می‌شود. (شکل ۱۳ و ۱۴)

جریان و ولتاژ اندازه‌گیری شده توسط ترانس جریان و ترانس ولتاژ نیز از طریق مبدل^{۱۷} با کابل مسی مستقیم از تابلو سویچ‌گیر به نزدیک‌ترین تابلو Remote I/O ET200 برای کارت ورودی آنالوگ^{۱۸} ارسال می‌شود تا در PLC برای سیستم کنترل و مانیتورینگ بکار رود. (شکل ۱۴ و ۱۵)

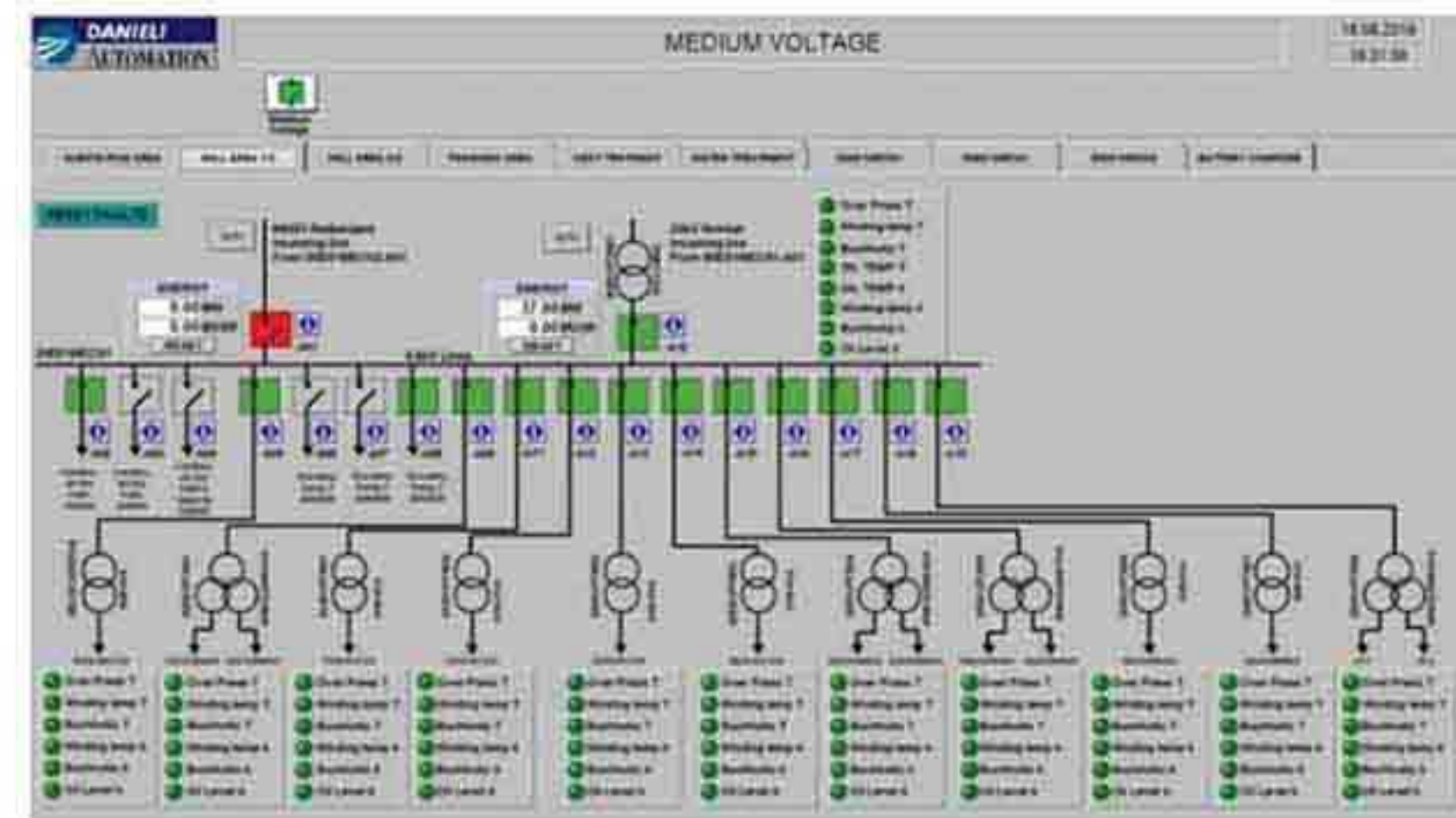
17 - Transducer

18 - Analog Input Siemens

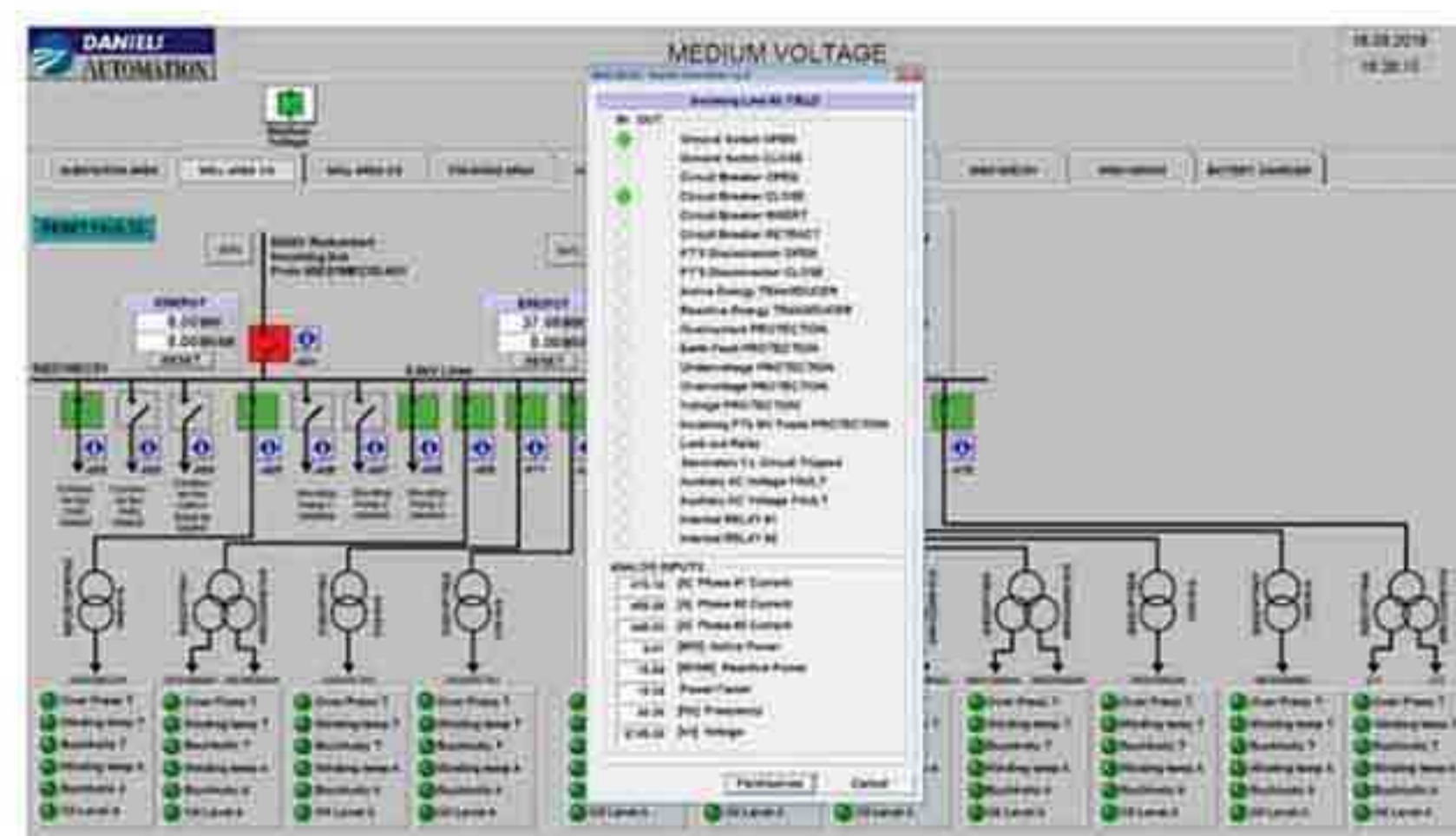
۵- طرح‌های در حال انجام

با استفاده از رله‌های نصب شده بر روی تابلوهای سویچ‌گیر می‌توان بسیاری از پارامترهای ترانسها و یا ادوات مرتبط با آنها اندازه‌گیری و یا از وقوع هرگونه اشکالی در ترانسها آگاه شد. رله‌های sepam از شبکه‌های مختلفی از جمله شبکه Modbus پشتیبانی میکنند، رله‌ها sepam نصب شده بر روی تابلوهای سویچ‌گیر توسط کابل به یکدیگر اتصال پیدا کرده و در توپولوژی BUS قرار می‌گیرند. کلیه پارامترهای sepam دارای آدرس منحصر بفردی است که در کاتالوگ و دفترچه راهنمای آن مشخص شده است. این آدرس‌ها و فرمت‌ها در شبکه Modbus تعریف شده است، می‌توان با قرار دادن کامپیوتری در انتهای Bus که توسط یک مدل RS 485 به RS 232 پورت سریال و یا توسط یک مبدل USB به RS485 به پورت USB کامپیوتر متصل نمود سپس اطلاعات لازم جهت مانیتورینگ دائم رله‌ها را در کامپیوتر دریافت نمود و اقدام به ثبت آنها کرد.

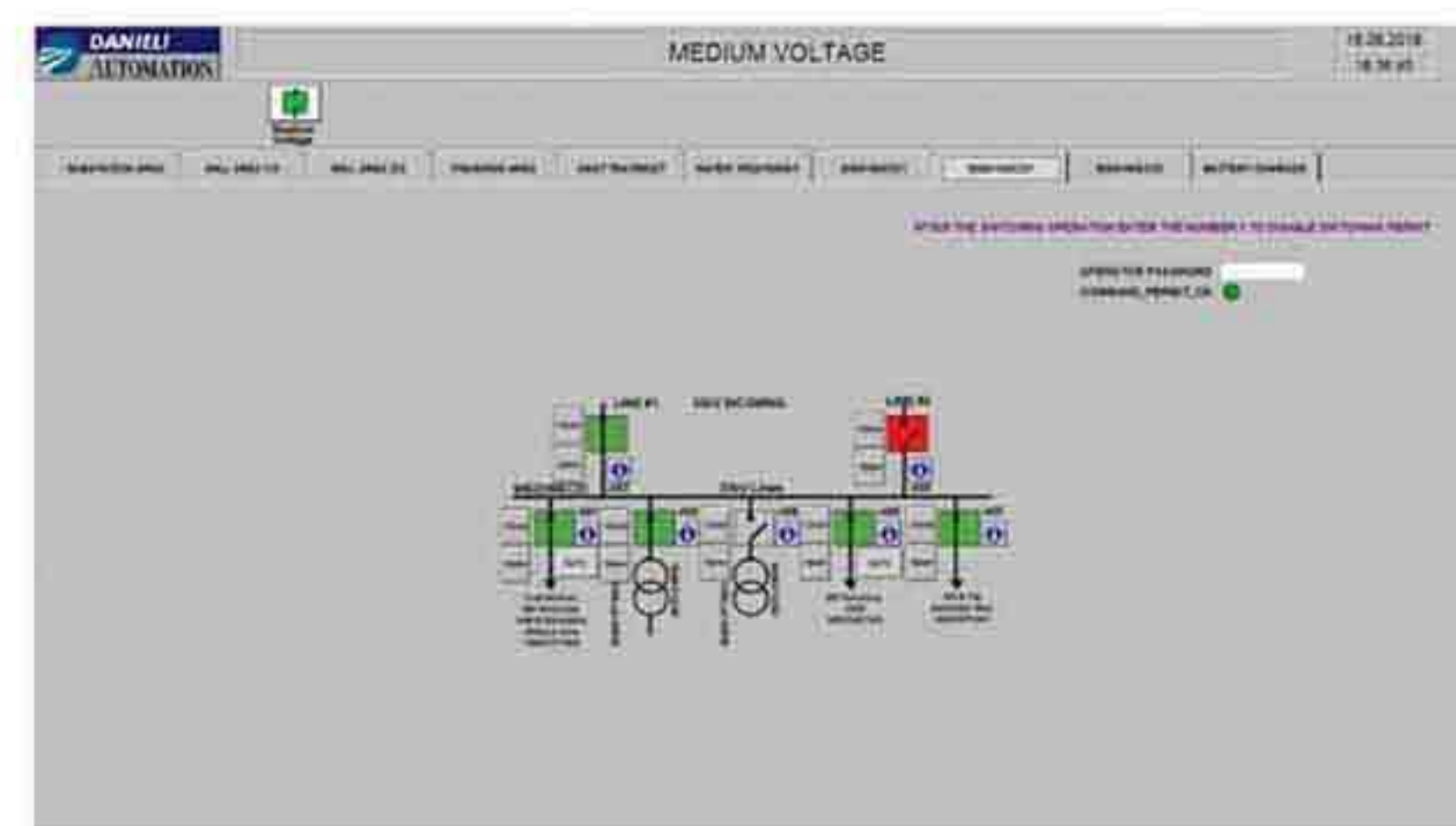
همچنین این قابلیت وجود دارد که برق مصرفی تجهیزات کارخانه را در شرایط متفاوت ثبت و پایش کرد و از آن به عنوان شاخصی جهت کاهش مصارف انرژی استفاده نمود.



شکل ۱۶- مانیتورینگ پست برق ۹۰- ورودی اصلی کارخانه با HMI



شکل ۱۷- مانیتورینگ لحظه‌ای و از راه دور سیگنالهای ترانسفورماتور و تجهیزات تابلو سویچ‌گیر از طریق HMI



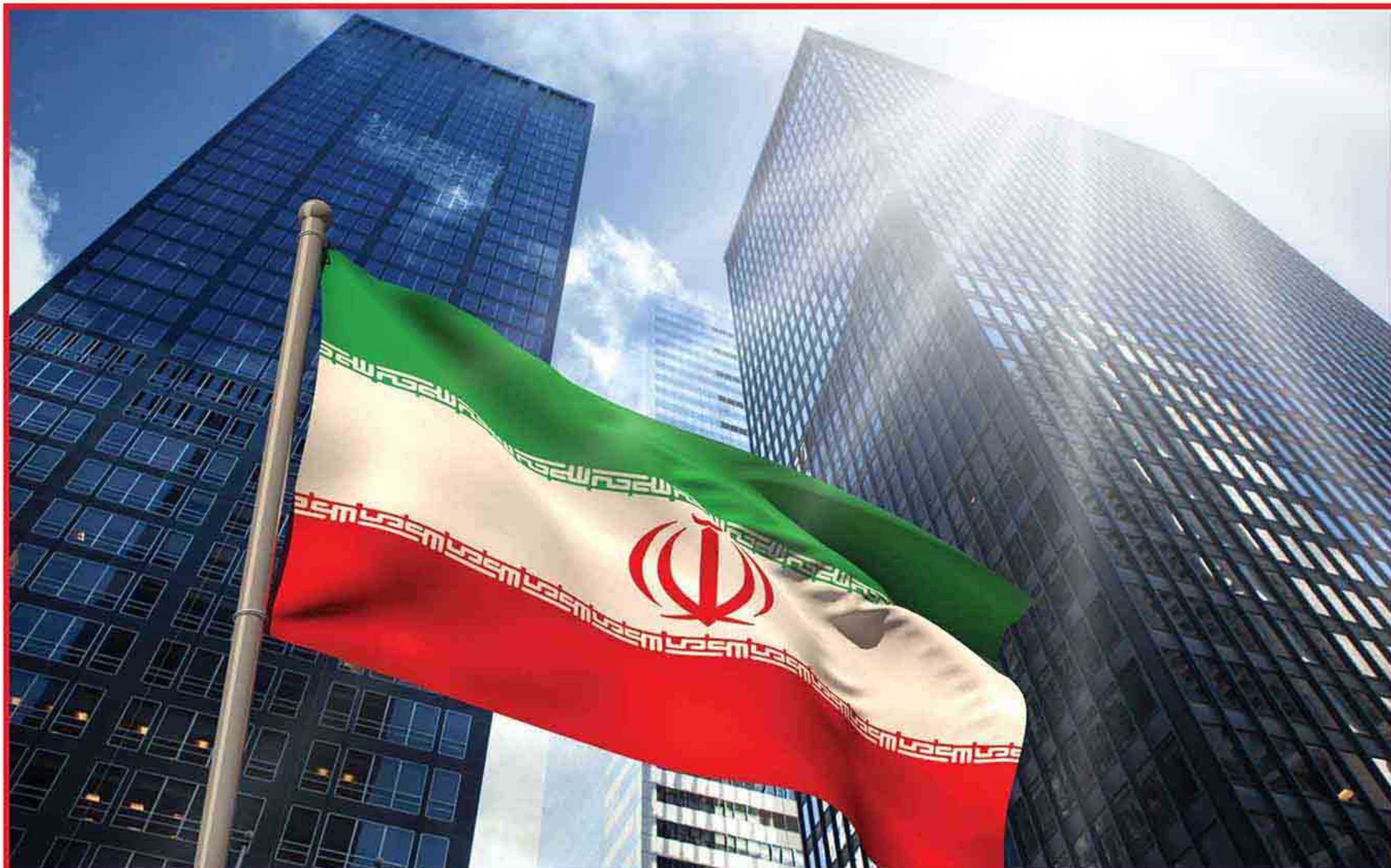
شکل ۱۸- کلیدزنی از راه دور توسط HMI

۴- جمع‌بندی

با اجرای این طرح فرایند کلیدزنی با سطح امنیت بالا و از راه دور انجام می‌شود که نقش مهمی در کاهش آسیب به نیروی انسانی در صورت بروز حادثه، خواهد داشت، همچنین با مانیتورینگ لحظه‌ای و به موقع تجهیزات پست برق، نظیر ولتاژ و جریان فازهای ترانسفورماتور، از آسیب به تجهیزات و به تبع آن آسیب به تجهیزات خط تولید جلوگیری به عمل آورد.



تحلیل بازار ورق های فولادی



تحلیل روند بازار داخلی ورق های فولادی

اسلام پوربندری، علی اکبر عبدی زاده، اسماعیل شفیانی
شرکت فولاد اکسین خوزستان

بود. صادرات کل محصولات فولادی با رشد چشمگیر ۱۱۷ درصدی از ۴۱۴ هزار تن به ۸۹۸ هزار تن از ابتدای سال تا پایان تیر ماه سال جاری رسید. بیشترین حجم صادرات متعلق به ورق گرم بالای ۳ میلیمتر بود که تناژی معادل ۲۲۰ هزار تن داشت. صادرات ورق گرم بالای ۳ میلیمتر بارشده ۱۵۳ درصدی همراه بوده است. صادرات ورق گرم زیر ۳ میلیمتر با رشد ۱۲۲ درصدی به ۱۲۲ هزار تن رسید. واردات محصولات فولادی افت بیش از ۵۰ درصدی داشت گزارش انجمن تولیدکنندگان فولاد ایران حاکی از آن است که واردات محصولات فولادی با افت ۵۱ درصدی همراه شده و از ۷۶۱ هزار تن در ۴ ماهه پارسال به ۳۷۰ هزار تن در ۴ ماهه سال جاری رسیده است. در مدت مذکور ۱۲۲ هزار تن ورق سرد، ۱۰۰ هزار تن ورق پوشش دار، ۹۸ هزار تن ورق گرم زیر ۳ میلیمتر، ۹ هزار تن تیر آهن، ۹ هزار تن میلگرد کلاف، ۷ هزار تن میلگرد شاخه و ۷ هزار تن ورق گرم بالای ۳ میلیمتر وارد کشور شد که تمامی این اقلام افت واردات را شاهد بوده است. واردات فولاد میانی اما با رشد ۱۶۷ درصدی همراه شد، در حالی که حجم واردات قابل توجه نبود و تنها ۱۶ هزار تن در مدت مذکور وارد شد.

تولید فولاد کشور از مرز ۸ میلیون تن گذشت

بر اساس آمارهای انجمن تولیدکنندگان فولاد ایران، تولید فولاد میانی از ۷ میلیون و ۶۲ هزار تن در ۴ ماهه پارسال به ۸ میلیون و ۲۷۹ هزار تن در ۴ ماهه اول امسال رسید. از این میزان ۳ میلیون و ۷۹۱ هزار تن سهم اسلب و ۴ میلیون و ۴۸۸ هزار تن بیلت و بلوم بود. رشد تولید اسلب ۱۵ درصد و بیلت و بلوم ۱۹ درصد بوده است. گفتنی است، تولید کل محصولات فولادی کشور در مدت مذکور با ۱۰ درصد رشد از ۶ میلیون و ۳۳۹ هزار تن به ۶ میلیون و ۹۸۳ هزار تن رسید. بیشترین میزان تولید مربوط به ورق گرم با تولید ۲ میلیون و ۷۵۸ هزار تن بود که رشد ۱۶ درصدی داشته است.

صادرات فولاد نیمه خام با رشد دو برابری به ۲.۵ میلیون تن رسید

صادرات بلوم و بیلت در مدت مذکور با رشد ۳۵ درصدی از ۹۳۹ هزار تن به یک میلیون و ۲۶۶ هزار تن رسید. صادرات اسلب هم با رشد تنها دو درصدی به یک میلیون و ۲۲۱ هزار تن رسید، در حالی که در ۴ ماهه اول سال قبل یک میلیون و ۱۹۹ هزار تن

فروش را به ثبت رسانده است و فروش از ۶۳۶ هزار تن به ۶۳۴ هزار تن رساند. ارزش این حجم از محصول درآمدی معادل ۱۳ هزار و ۳۴۷ میلیارد ریال برای هرمزگان فراهم آورده که درآمد ۹ هزار و ۶۹۷ میلیارد ریال سال قبل بالاتر است.

سال گذشته مجموع صادرات زنجیره فولاد از رقم ۹ میلیون تن گذشت و پیش‌بینی شده امسال حدود ۱۱ میلیون تن صادرات این بخش محقق شود. براساس سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ انتظار می‌رود مجموع صادرات بخش فولاد حداقل به ۱۵ میلیون تن برسد و دستیابی به ۲۰ میلیون تن نیز گفته می‌شود دور از دسترس نیست. فولاد خوزستان در مرداد ماه امسال ۱۵۱ هزار و ۴۵۸ تن صادرات ثبت کرد که در مقایسه با مرداد ماه ۹۶ افت صادراتی ۳۶ درصدی داشت.

در ارزیابی ۶۵ فولادساز بزرگ جهان، ایران جایگاه سیزدهم را به خود اختصاص داده و پیش‌بینی شده با دستیابی به ظرفیت ۵۵ میلیون تن در افق ۱۴۰۴، ایران به رتبه هفتمین فولادساز برسد. ارزش صادرات محصولات معدنی و صنایع معدنی ایران در چهار ماه نخست ۹۷ به رقم سه میلیارد و ۷۶۳ میلیون دلار رسید. پارسال ارزش صادرات معدنی و صنایع معدنی بالغ بر ۱۰ میلیارد و ۷۰۰ میلیون دلار بود که سهم ۲۲ درصدی از کل را به خود اختصاص داد.

۶۸٪ صادرات فولاد محصولات میانی بوده که سهم غالب آن نیز ورق گرم می‌باشد

براساس آمارهای انجمن تولیدکنندگان فولاد ایران، سهم ورق گرم از کل تولید محصولات فولادی به ۳۹.۵ درصد رسیده و میلگرد سهم ۳۴ درصدی از کل تولید محصولات فولادی را دارد. سهم ورق سرد ۱۱.۳ درصد، ورق پوشش دار ۶.۸ درصد و تیر آهن ۴.۴ درصد است.

در بخش صادرات سهم فولاد میانی همچنان قابل توجه و حدود ۶۷.۸ درصد است. سهم میلگرد ۱۱ درصد، ورق گرم ۹.۳ درصد، آهن اسفنجی ۷.۸ درصد، تیر آهن ۱.۸ درصد، ورق پوشش دار یک درصد و ورق سرد ۰.۳ درصد است.

در بحث واردات نیز سهم ورق سرد قابل توجه و ۳۱.۶ درصد، ورق گرم ۲۷.۲ درصد، ورق پوشش دار ۲۵.۹ درصد، فولاد میانی ۴.۱ درصد، میلگرد ۴.۱ درصد و تیر آهن ۲.۳ درصد می‌باشد.

بررسی قیمت و میزان عرضه ورق گرم و اسلب تولید داخل

در نمودارهای ذیل مقایسه متوسط قیمت فروش (در بازار) ورق های شرکت فولاد اکسین خوزستان با رقبای داخلی در

صادرات ۳.۱ میلیون تن تولیدات فولادی در پنج ماهه ۹۷

واحدهای بزرگ فولادسازی کشور در پنج ماهه نخست امسال با صدور سه میلیون و ۱۰۷ هزار و ۱۷۱ تن از تولیدات خود، در مقایسه با مدت مشابه پارسال پنج درصد بیشتر صادرات داشتند.

بر پایه جداول آماری عملکرد ۹ واحد فولادسازی بزرگ شامل ذوب آهن اصفهان، فولاد مبارکه، فولاد خوزستان، فولاد اکسین خوزستان، فولاد هرمزگان، فولاد آلیاژی، فولاد آذربایجان، فولاد خراسان و کاوه جنوب در مرداد ماه امسال نشان می‌دهد که مجموع صادرات این واحدها به رقم ۴۸۳ هزار و ۵۱۰ تن رسید که در مقایسه با عملکرد ماه مشابه پارسال ۲۴ درصد کاهش داشته است.

بیشترین میزان صادرات در پنج ماهه سال ۹۷ مربوط به فولاد خوزستان با رقم یک میلیون و ۱۱۰ هزار و ۴۶۶ تن بوده و متاسفانه کمترین سهم را فولاد اکسین با رقم ۱۳ هزار و ۳۴۰ تن در اختیار داشت. براساس آمار، ذوب آهن اصفهان با وجود اینکه در پنج ماه امسال ۴۶۳ هزار و ۷۶ تن صادرات داشت، اما در مقایسه با مدت مشابه پارسال افت ۲۱ درصدی را ثبت کرد. این واحد صنعتی در مردادماه امسال ۹۳ هزار و ۴۷۲ تن صادرات را به نام خود ثبت کرد که در مقایسه با ماه مشابه سال گذشته افت ۱۵ درصدی را نشان می‌دهد.

همچنین فولاد خوزستان نیز با صادرات یک میلیون و ۱۱۰ هزار و ۴۶۶ تن در پنج ماه امسال در مقایسه با مدت مشابه سال گذشته کاهش پنج درصدی را نشان می‌دهد. از این میزان ۵۳۰ هزار تن اسلب و ۵۸۰ هزار تن بلوم و بیلت بود. این شرکت همچنین ۲۰۹ هزار تن اسلب و ۲۸۸ هزار تن بلوم و بیلت داخلی فروخته است. درآمد فروش شرکت از محل فروش داخلی و صادراتی ۳ هزار و ۶۸۵ میلیارد تومان ثبت شد.

شرکت فولاد کاوه جنوب کیش براساس عملکرد ۵ ماهه مبلغ ۱۰ هزار و ۵۹۳ میلیارد ریال درآمد داشته که نسبت به مدت مشابه سال قبل ۱۱۳ درصد رشد داشته است. این شرکت در ۵ ماهه اول امسال ۶۳۸ هزار تن آهن اسفنجی و ۴۳۸ هزار تن شمش بیلت تولید کرد. شرکت در مدت مذکور ۳۰ هزار تن آهن اسفنجی داخلی، ۲۸ هزار تن آهن اسفنجی، ۴۴ هزار تن آهن اسفنجی کارمزدی، ۳۲۵ هزار تن بیلت صادراتی و ۸۱ هزار تن بیلت داخلی فروخته است.

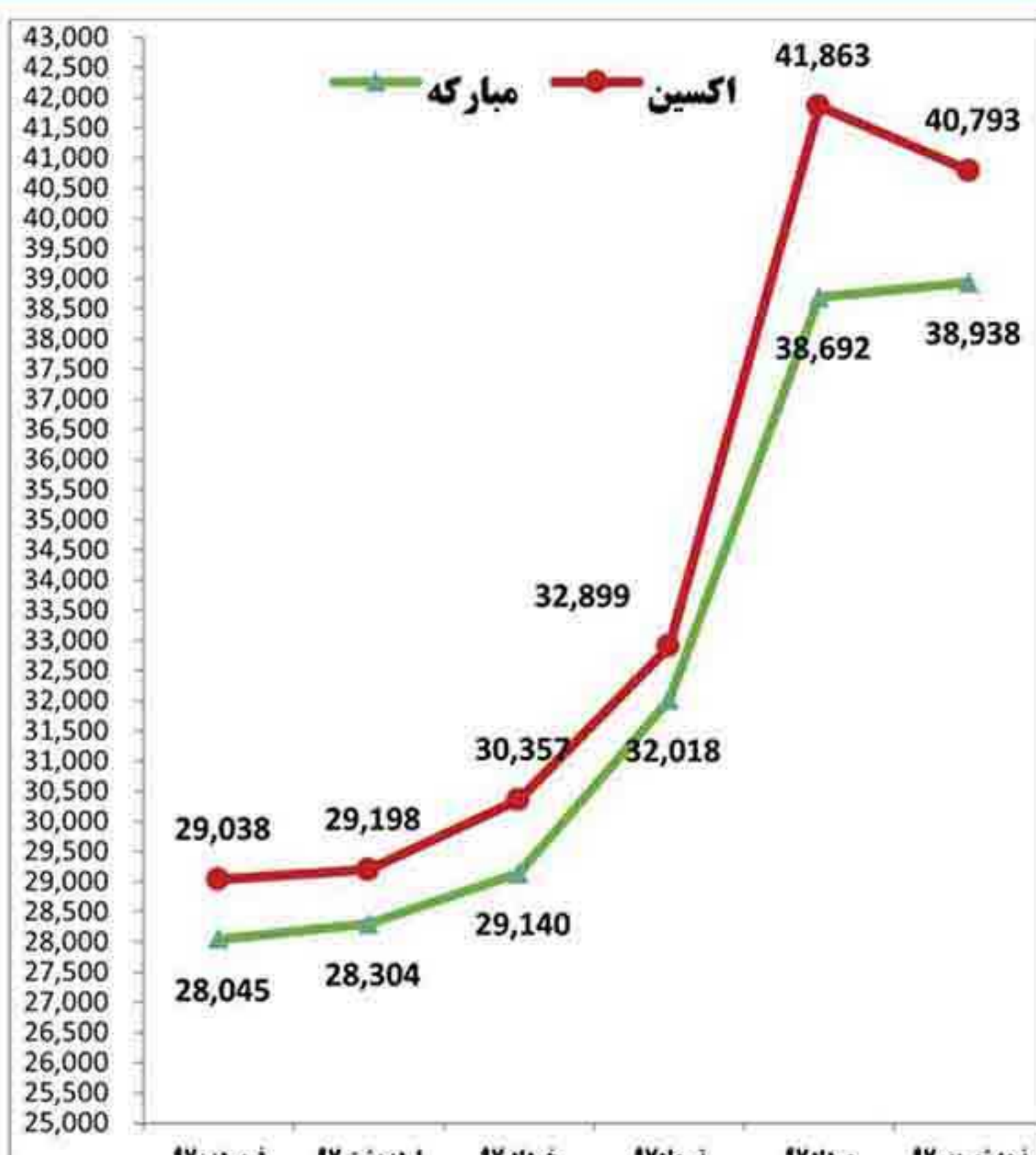
فولاد هرمزگان که در ۵ ماهه اول سال ۹۶ تولید اسلب را به ۵۸۰ هزار تن رسانده بود امسال به تولید ۵۲۶ هزار تن اسلب رسیده است. این در حالی است که شرکت افت

ضخامت‌های مشابه آمده است.

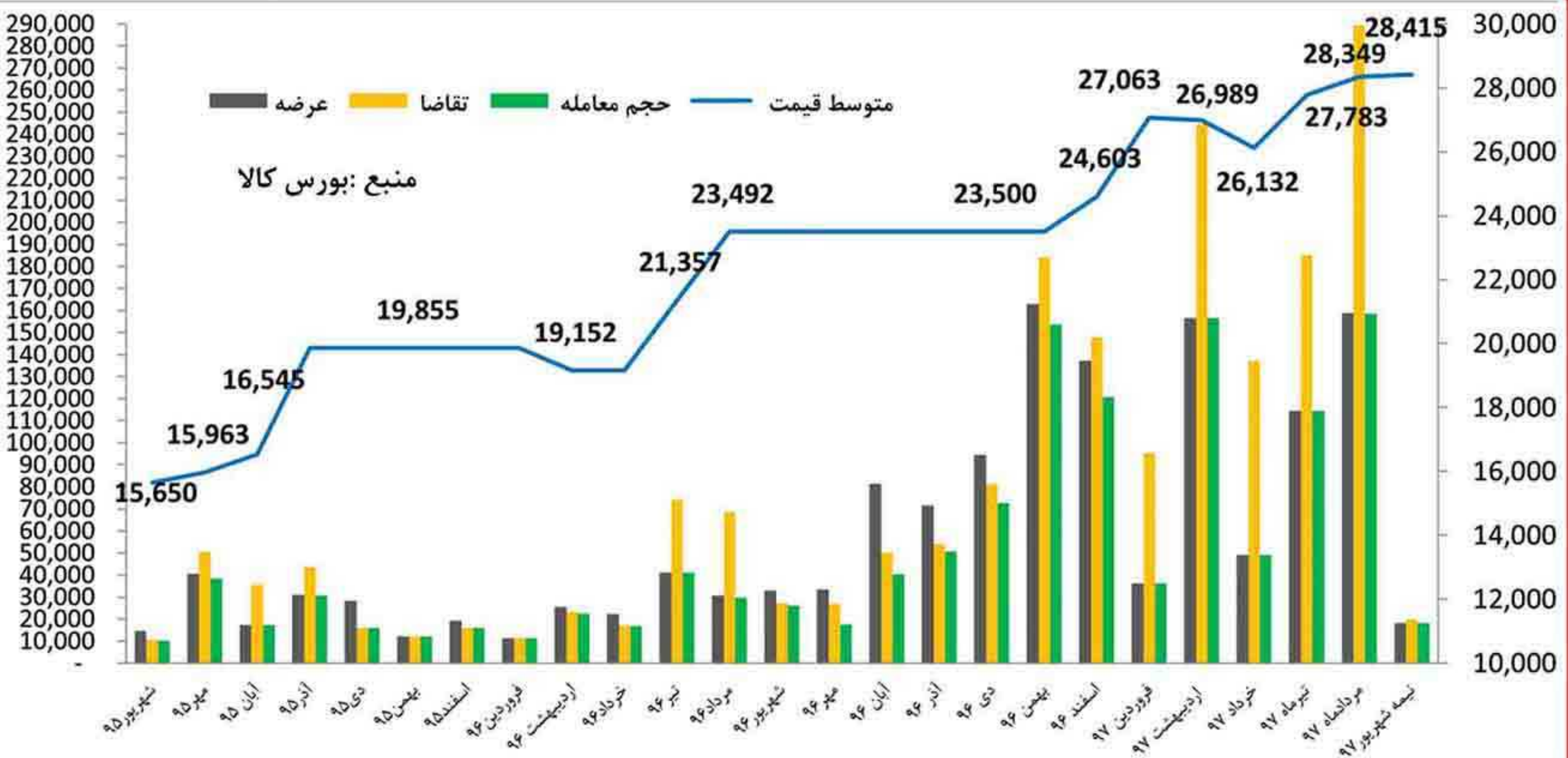
مقایسه متوسط قیمت ورقهای اکسین و کاویان در سایزهای مشابه در بازار



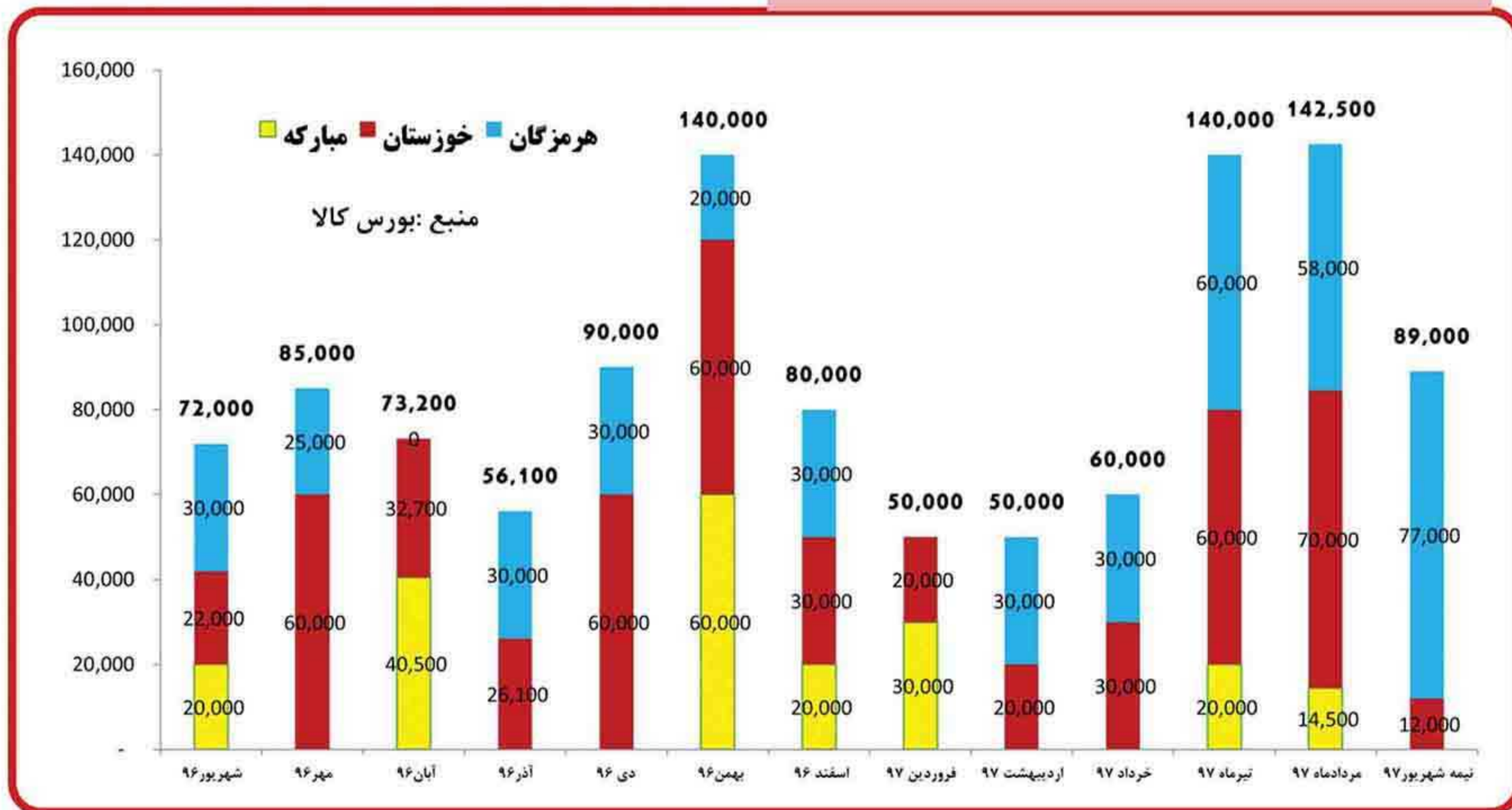
مقایسه متوسط قیمت ورقهای اکسین و مبارکه در سایزهای مشابه در بازار



مقایسه عرضه، تقاضا و حجم مبادله شده ورق گرم C مبارکه در بورس کالا



میزان اسلب معامله شده در بورس کالا در یکسال گذشته





تحلیل روند بازار بین المللی ورق های فولادی

اسلام پوربندری، علی اکبر عبدی زاده، اسماعیل شفیانی

شرکت فولاد اکسین خوزستان

چین نیز طی هفت ماه اخیر ۶.۳ درصد افزایش یافت و این کشور با تولید ۵۳۲ میلیون و ۸۴۶ هزار تن به عنوان بزرگترین بزرگترین تولیدکننده فولاد خام جهان شناخته شد. هند با تولید ۶۱ میلیون و ۸۳۱ هزار تن فولاد خام، ژاپن با ۶۱ میلیون و ۳۹۰ هزار تن، آمریکا با ۴۹ میلیون و ۳۳۴ هزار تن، کره جنوبی با ۴۲ میلیون و ۲۳۸ هزار تن و روسیه با ۴۲ میلیون و ۹۴ هزار تن، بیشترین میزان تولید فولاد خام در سال ۲۰۱۸ را بعد از چین به خود اختصاص داده اند. همچنین طی ماه جولای ۲۰۱۸، تولید فولاد در ترکیه با افت ۲.۳ درصدی نسبت به مدت مشابه سال گذشته به ۳ میلیون و ۲۶۶ هزار تن کاهش یافت.

با افزایش ۴۹ درصدی تولید آهن اسفنجی در هفت ماه نخست سال جاری میلادی، ایران ۱۵ میلیون و ۲۷۷ هزار تن آهن اسفنجی تولید کرد که نشان از رشد ۴۹ درصدی نسبت به مدت مشابه سال ۲۰۱۷ دارد. میزان تولید آهن اسفنجی ایران در سال گذشته میلادی ۱۰ میلیون و ۲۵۶ هزار تن به ثبت رسیده بود. تولید آهن اسفنجی ایران در ژوئیه ۲۰۱۸ نیز با ۴۱.۲ درصد رشد نسبت به مدت مشابه سال قبل به ۲ میلیون و ۱۹ هزار تن افزایش یافته است.

بررسی وضعیت تولید فولاد ایران و جهان از دید انجمن جهانی فولاد

بر اساس گزارش انجمن جهانی فولاد، ایران در هفت ماه نخست سال ۲۰۱۸ میلادی، ۱۴ میلیون و ۴۵۷ هزار تن فولاد خام تولید کرد که این رقم در مدت مشابه سال گذشته، ۱۱ میلیون و ۶۹۷ هزار تن بوده است. همچنین ایران طی ماه جولای ۲۰۱۸ میلادی، یک میلیون و ۹۸۱ هزار تن فولاد خام تولید کرد که این آمار در مدت مشابه سال گذشته میلادی، یک میلیون و ۷۵۰ هزار تن بوده است. این روند حاکی از رشد ۱۳.۲ درصدی تولید فولاد خام نسبت به مدت مشابه سال گذشته است. طی هفت ماه نخست سال ۲۰۱۸ میلادی، ۶۴ کشور تولیدکننده فولاد در مجموع یک میلیارد و ۳۸ میلیون و ۳۶۹ هزار تن فولاد خام تولید کردند که نسبت به رقم مدت مشابه سال قبل (۹۸۸ میلیون و ۵۸۷ هزار تن)، پنج درصد رشد را نشان می دهد. تولید جهانی فولاد خام در ماه ژوئیه نیز با ۵.۸ درصد افزایش به ۱۵۴ میلیون و ۵۷۶ هزار تن رسیده است. تولید فولاد خام

نمودار قیمت جهانی اسلب و ورق



تحلیل عوامل تاثیر گذار بر نوسان قیمت بازار محصولات تخت تا سه ماه آینده سال ۲۰۱۸

افت قیمت ها

- تولیدکنندگان کشورهای حوزه CIS سعی خواهند کرد قیمت فولاد را در ماه سپتامبر در بندر سیاه دریای مدیترانه حفظ کنند. زیرا مصرف کنندگان ایالات متحده و اتحادیه اروپا پس از فصل تعطیلات به بازار باز می گردند و تقاضای کمی را افزایش می دهند.

- قراضه فولاد در ترکیه، طبق پیش بینی ها، رشد در قیمت هارا خواهد داشت.

- انتظار می رود قیمت صادراتی چین، وضعیت اقتصادی نامطلوب در بازار ترکیه و شروع فروش محصولات نوردی کشورهای حوزه CIS با تحویل در ماه دسامبر، تولیدکنندگان را مجبور به اعطای امتیازات بیشتر کند.

- در نیمه اول ماه اکتبر، فعالیت بازار صادرکنندگان چینی به دلیل تعطیلات ملی پایین خواهد بود و احتمالاً همچنان روند قیمت ها را در بنادر دریای سیاه حفظ خواهد کرد.

- کاهش تدریجی تقاضای محصولات فولاد برای تحویل در پایان سال (که بازرگانان سعی می کنند ذخایر موجودی را به حداقل برسانند).

- همچنین قیمت صادرات چین به احتمال زیاد کاهش خواهد یافت و فشار بر بازارهای منطقه ای افزایش می یابد.

- انتظار می رود که در ماه نوامبر، تقاضا برای فولاد از کشورهای حوزه CIS برای تحویل در ماه دسامبر و همچنین قیمت قراضه در ترکیه کاهش یابد. بنابراین، تولیدکنندگان و تامین کنندگان کشورهای حوزه CIS مجبور به دادن تخفیفات قیمت خواهند شد.

- ممکن است تقاضا برای محصولات کشورهای حوزه CIS برای تحویل در ماه ژانویه تا پایان ماه به میزان کمی افزایش یابد که منجر به تثبیت قیمت می شود.

پیش بینی قیمت اسلب حوزه CIS (FOB دریای سیاه)



بررسی ها نشان می دهد که با توجه به شرایط نامناسب اقتصادی در کشور ترکیه (کاهش ارزش لیر و کاهش تقاضا) و همچنین افزایش عرضه در ترکیه و کشورهای عضو اتحادیه اروپا شاهد کاهش قیمت هستیم. شرایط نامساعد بازار محصولات نهایی از جمله ورق و همچنین عرضه محصولات نیمه نهایی نیز باعث فشار بر قیمت شده اند. انتظار می رود با توجه به نزدیک شدن به پایان سال میلادی تقاضا برای اسلب نیز کاهشی باشد.

پیش بینی قیمت ورق (Heavy Plate) حوزه CIS (FOB دریای سیاه)



با توجه به اینکه فعالیت های تجاری در بازار داخلی چین در فصل سرما تا حدودی محدود شده است این موضوع بر روی قیمت های این حوزه نیز تاثیر داشته است. از طرفی کاهش قیمت اسلب باعث شده است تا خریداران تمایلی به خرید ورق نداشته باشند که این موضوع باعث کاهش قیمت در حدود ۱۵-۲۵ دلار در هر تن برای ماه های آینده خواهد شد.

وضعیت محصولات تخت فولادی در حوزه CIS

در ماه آگوست، در بیشتر بازارهای منطقه ای برای محصولات نوردی شاهد روند نزولی قیمت ها بوده ایم.

سقوط نرخ ارز لیر (بعثت درگیری سیاسی بین ترکیه و ایالات متحده و اعلام تعرفه دو برابری آمریکا در زمینه فولاد و آلومینیوم برای ترکیه) باعث رشد شدید قیمت مواد اولیه وارداتی و افزایش هزینه تولید شد که این افزایش هزینه های تولید منجر به افزایش قیمت محصولات فولادی و کاهش تقاضای داخلی در ترکیه گردید.

لذا این وضعیت تأثیر قابل توجهی بر تامین کنندگان از کشورهای حوزه CIS در بنادر دریای سیاه داشته است.

پیش بینی و تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر وضعیت قیمت فولاد در سطح جهان

عوامل کلان	شرح	تأثیر عوامل بر قیمت
اقتصاد و تقاضای فولاد	شروع تعرفه ضد دامپینگ در کشورهای اتحادیه اروپا برای واردات از اوکراین و روسیه و همچنین افزایش تعرفه ۲۵٪ در واردات محصولات فولادی به ایالات متحده آمریکا.	رو به پایین
	شاخص فعالیت تجاری در صنعت فولاد در چین در ماه آگوست با ۱.۴ درصد افزایش به ۵۳.۴ درصد رسیده است. برای ماه سپتامبر با توجه به کاهش تقاضا انتظار می رود کاهشی شود.	رو به پایین
	در ماه سپتامبر - اکتبر، قیمت محصولات تخت داخلی چین به طور قابل توجهی کاهش می یابد و با فشار بر نرخ جهانی قیمت ها را پایین خواهد آورد.	رو به پایین
ملی	در سپتامبر، تجار کشورهای اتحادیه اروپا و ایالات متحده پس از تعطیلات تابستان وارد بازار می شوند.	رو به بالا
	در اواخر ماه سپتامبر، تولید کنندگان از کشورهای حوزه CIS فروش محصولات نوردی را برای تحویل در ماه دسامبر آغاز خواهند کرد، این شروع فروش با کاهشی تقاضای تجار مواجه خواهند شد.	رو به پایین
تامین محصولات فولادی	گسترش محدودیت های زیست محیطی، تولید فولاد در چین را کاهشی خواهد کرد. در اوایل ماه اکتبر فعالیت های تجار چینی با توجه به تعطیلات ملی چین روند نزولی خواهد داشت.	رو به پایین
	انتظار می رود در شمال آفریقا و اروپا بازرگانان بعد از تعطیلات سپتامبر تقاضای خود را افزایش داده و موجودی را بالا ببرند.	رو به بالا
تبادل بازار	افت تدریجی سفارش گذاری در ماه نوامبر با توجه به نزدیکی به سال نو میلادی.	رو به پایین
هزینه تولید	کاهش قیمت سنگ آهن و ذغال سنگ ککی در سه ماهه سوم (سپتامبر).	رو به پایین
	در ماه سپتامبر - اکتبر شاهد افزایش قیمت قراضه فولاد در ترکیه خواهیم بود.	رو به بالا
	در ماه سپتامبر - نوامبر، انتظار می رود قیمت ها بصورت مقطعی برای سنگ آهن در چین کاهش یابد.	رو به پایین
	قیمت ذغال سنگ کک شو در اکثر مناطق افزایشی خواهد بود.	رو به بالا

مقالات علمے

(انگلیسے)



results for; (a) rolling force, (b) exit thickness of rolled slab.

Figure 8. Distribution contour plots of: equivalent plastic strain; (a) VA=1, (b) VA=1.08 and Mises stress (Pa) through thickness; (c) VA=1, (d) VA=1.08 (Vu=2400 mm/s, r=10%, h0=250 mm, T=1354 K, R=600 mm, PH=12.5 mm).

Figure 9. Distribution contour plots of: dislocation density (cm-2); (a) VA=1, (b) VA=1.08 and yield strength (Pa) through thickness; (c) VA=1, (d) VA=1.08 (Vu=2400 mm/s, r=10%, h0=250 mm, T=1354 K, R=600 mm, PH=12.5 mm).

Figure 10. Inhomogeneous distribution of: (a) equivalent plastic strain; (b) dislocation density; (c) yield stress and (d) Mises stress through thickness in various reduction and speed ratio for PH=12.5 mm.

Figure 11. Inhomogeneous distribution of: (a) equivalent plastic strain; (b) dislocation density; (c) yield stress and (d) Mises stress through thickness in various reduction and speed ratio for PH=35 mm.

Figure 12. Interaction effect of speed ratio and radius ratio of rolls on the average rolling force.

Figure 13. Interaction effect of pass height and speed ratio of rolls on the average rolling force.

Figure 14. Interaction effect of radius ratio of rolls and pass height on the average rolling force.

Figure 15. X70 samples of tensile test.

Figure 16. Optical micrographs of as-rolled samples: (a) X70- A (VA=1.02); (b) X70- B (VA=1.03); (c) X70-C (VA=1.04) and (d) X70- D (VA=1.05).

Figure 17. Mechanical property of X70 plates versus speed ratio.

41. Siciliano Jr F, Jonas JJ (2000) Mathematical modeling of the hot strip rolling of microalloyed Nb, multiply-alloyed Cr-Mo, and plain C-Mn steels. *Metallurgical and materials transactions A* 31 (2):511-530
42. Hodgson P, Gibbs R (1992) A Mathematical Model to Predict the Mechanical Properties of Hot Rolled C-Mn and Microalloyed Steels. *ISIJ international* 32 (12):1329-1338
43. Laasraoui A, Jonas J (1991) Prediction of temperature distribution, flow stress and microstructure during the multipass hot rolling of steel plate and strip. *ISIJ international* 31 (1):95-105
44. Zhou SX (2003) An integrated model for hot rolling of steel strips. *Journal of Materials Processing Technology* 134 (3):338-351. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0924-0136(02)01118-4
45. Moon CH, Lee Y (2012) An approximate method for computing the temperature distribution over material thickness during hot flat rolling. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 55 (1-3):310-315. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2011.09.019
46. Da Nóbrega J, Diniz D, Silva A, Maciel T, de Albuquerque V, Tavares J (2016) Numerical Evaluation of Temperature Field and Residual Stresses in an API 5L X80 Steel Welded Joint Using the Finite Element Method. *Metals* 6 (2):28
47. Pérez A, Corral R, Fuentes R, Colás R (2004) Computer simulation of the thermal behaviour of a work roll during hot rolling of steel strip. *Journal of materials processing technology* 153:894-899
48. Abaqus I (2014) Abaqus Version 6.14 User's manual.
49. Gao C (2009) FE Realization of a Thermo-Visco-Plastic Constitutive Model using VUMAT in ABAQUS/Explicit Program. In: *Computational Mechanics*. Springer, pp 301-301
50. Philipp M, Schwenzfeier W, Fischer F, Wödlinger R, Fischer C (2007) Front end bending in plate rolling influenced by circumferential speed mismatch and geometry. *Journal of materials processing technology* 184 (1):224-232
51. <http://www.kelk.com/rollforce.html>.
52. Kadkhodaei M, Salimi M, Poursina M (2007)

Analysis of asymmetrical sheet rolling by a genetic algorithm. *International journal of mechanical sciences* 49 (5):622-634

53. Chen M-S, Yuan W-Q, Li H-B, Zou Z-H (2017) Modeling and simulation of dynamic recrystallization behaviors of magnesium alloy AZ31B using cellular automaton method. *Computational Materials Science* 136:163-172
54. Box GE, Wilson K (1992) On the experimental attainment of optimum conditions. In: *Breakthroughs in Statistics*. Springer, pp 270-310
55. Lee K-M, Lee H-C (2010) Grain refinement and mechanical properties of asymmetrically rolled low carbon steel. *Journal of Materials Processing Technology* 210 (12):1574-1579. doi:https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2010.05.004
56. Ma R, Wang L, Wang YN, Zhou DZ (2015) Microstructure and mechanical properties of the AZ31 magnesium alloy sheets processed by asymmetric reduction rolling. *Materials Science*

7. List of Tables

- Table 1 Chemical compositions of studied X70 (wt.%).
- Table 2 Dynamic material genome of X70.
- Table 3 Static material genome of X70.
- Table 4 Thermo-physical parameters of X70 slab.
- Table 5 Thermo-physical parameters of indefinite chilled work rolls [46].
- Table 6 Rough rolling pass schedule of X70 slab.
- Table 7 Rolling pass schedule of X70 slabs.
- Table 8 Mechanical property of X70 rolled plates.

8. List of Figures

- Figure 1. Flowchart of the microstructure evaluation in ATMR process of X70.
- Figure 2. The FE model of thermomechanical rolling.
- Figure 3. Sensitivity of rolling force to mesh size.
- Figure 4. Schematic of pass height as an asymmetry parameter.
- Figure 5. 4Hi- heavy plate mill stand.
- Figure 6. The position of Kelk load cell in 4Hi-mill stand [49].
- Figure 7. Comparison of numerical and experimental

- shape via sine function model in vertical rolling. *Journal of Materials Processing Technology* 223:91-97
22. Salimi M, Sassani F (2002) Modified slab analysis of asymmetrical plate rolling. *International Journal of Mechanical Sciences* 44 (9):1999-2023
23. Salimi M, Kadkhodaei M (2004) Slab analysis of asymmetrical sheet rolling. *Journal of Materials Processing Technology* 150 (3):215-222
24. Gudur P, Salunkhe M, Dixit U (2008) A theoretical study on the application of asymmetric rolling for the estimation of friction. *International Journal of Mechanical Sciences* 50 (2):315-327
25. Razani NA, Mollaei Dariani B, Soltanpour M (2018) Analytical approach of asymmetrical thermomechanical rolling by slab method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 94 (1):175-189. doi:10.1007/s00170-017-0801-4
26. Farhatnia F, Salimi M, Movahhedy MR (2006) Elasto-plastic finite element simulation of asymmetrical plate rolling using an ALE approach. *Journal of Materials Processing Technology* 177 (1-3):525-529. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.04.075
27. Tang D, Liu X, Song M, Yu H (2014) Experimental and theoretical study on minimum achievable foil thickness during asymmetric rolling. *PloS one* 9 (9):e106637
28. Wronski M, Wierzbowski K, Bacroix B, Lipinski P Asymmetric rolling textures of aluminium studied with crystalline model implemented into FEM. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2015. vol 1. IOP Publishing, p 012012
29. Yanagida A, Liu J, Yanagimoto J (2003) Flow curve determination for metal under dynamic recrystallization using inverse analysis. *Materials Transactions* 44 (11):2303-2310
30. Yanagida A, Yanagimoto J (2005) Regression method of determining generalized description of flow curve of steel under dynamic recrystallization. *ISIJ international* 45 (6):858-866
31. Nishioka K, Ichikawa K (2012) Progress in thermomechanical control of steel plates and their commercialization. *Science and Technology of Advanced Materials* 13 (2):023001
32. Soltanpour M, Yanagimoto J (2012) Material data for the kinetics of microstructure evolution of Cr-Mo-V steel in hot forming. *Journal of Materials Processing Technology* 212 (2):417-426. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2011.10.004
33. Tang D, Xu YW, Song Y, Wang L Static Recrystallization Kinetics Model of X70 Pipeline Steel. In: *Applied Mechanics and Materials*, 2013. Trans Tech Publ, pp 3-8
34. Elwazri A, Essadiqi E, Yue S (2004) Kinetics of metadynamic recrystallization in microalloyed hypereutectoid steels. *ISIJ international* 44 (4):744-752
35. Sha Q, Li G, Li D (2013) Static Recrystallized Grain Size of Coarse-Grained Austenite in an API-X70 Pipeline Steel. *Journal of materials engineering and performance* 22 (12):3626-3630
36. Yue C-x, Zhang L-w, Ruan J-h, Gao H-j (2010) Modelling of recrystallization behavior and austenite grain size evolution during the hot rolling of GCr15 rod. *Applied Mathematical Modelling* 34 (9):2644-2653. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2009.12.001
37. Pereda B, Fernandez A, Lopez B, Rodriguez-Ibabe J (2007) Effect of Mo on dynamic recrystallization behavior of Nb-Mo microalloyed steels. *ISIJ international* 47 (6):860-868
38. Medina SF, Quispe A (2001) Improved model for static recrystallization kinetics of hot deformed austenite in low alloy and Nb/V microalloyed steels. *ISIJ international* 41 (7):774-781
39. Roucoules C, Yue S, Jones J Effect of dynamic and metadynamic recrystallization on rolling load and microstructure. In: *1 st International Conference on Modelling of Metal Rolling Processes*, 1993. pp 165-179
40. Bambach M, Seuren S (2015) On instabilities of force and grain size predictions in the simulation of multi-pass hot rolling processes. *Journal of Materials Processing Technology* 216 (0):95-113. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2014.07.018

5. Liu Y, Lin J (2003) Modelling of microstructural evolution in multipass hot rolling. *Journal of Materials Processing Technology* 143:723-728
6. Phaniraj MP, Behera BB, Lahiri AK (2005) Thermo-mechanical modeling of two phase rolling and microstructure evolution in the hot strip mill: Part I. Prediction of rolling loads and finish rolling temperature. *Journal of materials processing technology* 170 (1):323-335
7. Phaniraj MP, Behera BB, Lahiri AK (2006) Thermo-mechanical modeling of two phase rolling and microstructure evolution in the hot strip mill: Part-II. Microstructure evolution. *Journal of Materials Processing Technology* 178 (1-3):388-394. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.03.173
8. Wang M-t, Zang X-l, Li X-t, Du F-s (2007) Finite Element Simulation of Hot Strip Continuous Rolling Process Coupling Microstructural Evolution. *Journal of Iron and Steel Research, International* 14 (3):30-36. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S1006-706X(07)60039-9
9. Zhang GL, Zhang SH, Liu JS, Zhang HQ, Li CS, Mei RB (2009) Initial guess of rigid plastic finite element method in hot strip rolling. *Journal of Materials Processing Technology* 209 (4):1816-1825. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2008.04.038
10. J. H. Bianchi LL, J. Díaz Alvarez (2013) Strip Cooling Optimization by Means of Fully Coupled Thermo-Mechanical-Metallurgical 3D Model. Paper presented at the SIMULIA Community Conference, Vienna,
11. Nalawade RS, Puranik AJ, Balachandran G, Mahadik KN, Balasubramanian V (2013) Simulation of hot rolling deformation at intermediate passes and its industrial validity. *International Journal of Mechanical Sciences* 77 (0):8-16. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmeecsci.2013.09.017
12. Wang X-d, Li F, Jiang Z-y (2012) Thermal, Microstructural and Mechanical Coupling Analysis Model for Flatness Change Prediction During Run-Out Table Cooling in Hot Strip Rolling. *Journal of Iron and Steel Research, International* 19 (9):43-51. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S1006-706X(13)60007-2
13. Wang X, Li F, Yang Q, He A (2013) FEM analysis for residual stress prediction in hot rolled steel strip during the run-out table cooling. *Applied Mathematical Modelling* 37 (1-2):586-609. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2012.02.042
14. Qingqiang H, Jia S, Chengxin Y, Junyou Z, Zongbo Z (2013) Thermo-mechanical modeling and simulation of microstructure evolution in multi-pass H-shape rolling. *Finite Elements in Analysis and Design* 76:13-20. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.finel.2013.08.005
15. Chen M-S, Lin YC, Li K-K, Zhou Y (2016) A new method to establish dynamic recrystallization kinetics model of a typical solution-treated Ni-based superalloy. *Computational Materials Science* 122:150-158. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.commatsci.2016.05.016
16. Zhang S, Zhao D, Gao C (2012) The calculation of roll torque and roll separating force for broadside rolling by stream function method. *International Journal of Mechanical Sciences* 57 (1):74-78
17. Sayadi H, Serajzadeh S (2015) Prediction of thermal responses in continuous hot strip rolling processes. *Prod Eng Res Devel* 9 (1):79-86. doi:10.1007/s11740-014-0577-4
18. Aboutorabi A, Assempour A, Afrasiab H (2016) Analytical approach for calculating the sheet output curvature in asymmetrical rolling: In the case of roll axis displacement as a new asymmetry factor. *International Journal of Mechanical Sciences* 105:11-22
19. Ma G-S, Liu Y-M, Peng W, Yin F-C, Ding J-G, Zhao D-W, Di H-S, Zhang D-H (2015) A new model for thermo-mechanical coupled analysis of hot rolling. *J Braz Soc Mech Sci Eng*:1-8. doi:10.1007/s40430-015-0390-9
20. Zhang D-H, Liu Y-M, Sun J, Zhao D-W (2016) A novel analytical approach to predict rolling force in hot strip finish rolling based on cosine velocity field and equal area criterion. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84 (5-8):843-850
21. Liu Y-M, Ma G-S, Zhang D-H, Zhao D-W (2015) Upper bound analysis of rolling force and dog-bone

and 2.05 percent in YS and UTS, respectively. Generally, the asymmetry condition in rolling process leads to additional shear stress in the roll gap and uniform distribution of deformation, consequently. Due to this homogeneity distribution of deformation, the rolled material exhibits a refined grain size and a developed mechanical property.

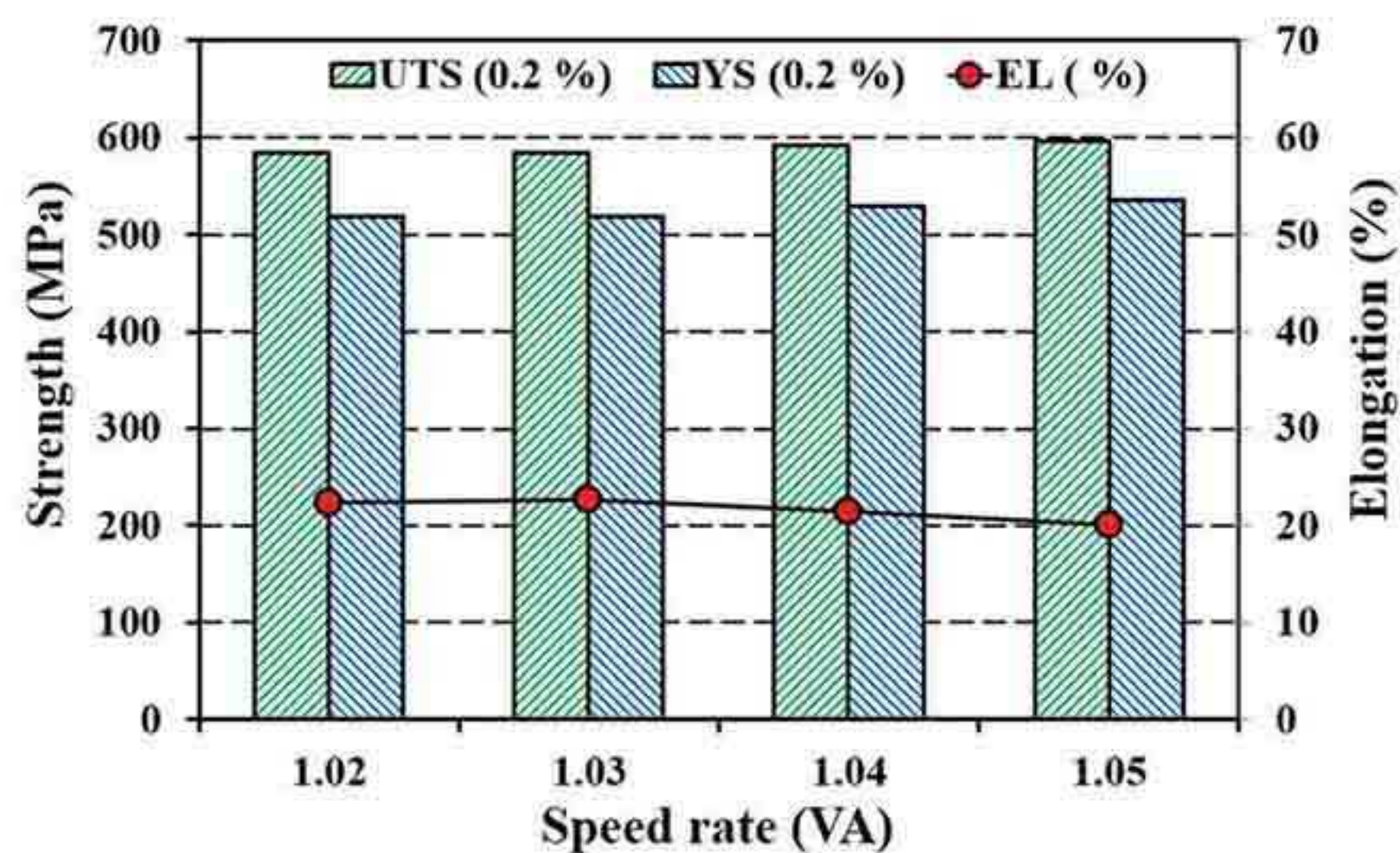


Fig. 17 Mechanical property of X70 plates versus speed ratio.

4. Conclusion

Based on the material genome package of X70 micro alloy steel, a 2D FE model for industrial scale of ATMR process was developed to evaluate the material behavior and rolling force under asymmetry condition. In asymmetrical condition, heterogeneous deformation has been improved to provide some distinguish advantages such as developed grain refinement and mechanical property in rolling industry of micro alloy steel. According to verified model and experiments, the distributions of microstructure and mechanical property of the roll gap and tensile samples of some as-rolled X70 plates were discussed, and the conclusions were found out as follows:

1. The high value of VA combining with the high value of PH can improve the dislocation density distribution of the roll gap.
2. Consideration the interaction effect of VA and PH implied that the simultaneous increase of VA and PH has a contrary effect on rolling force. As, increasing of VA (in low PH levels) leads to a sensible decrease in rolling force and a considerable growth the amount of rolling force (in high PH levels).

3. High-value VA combining with high value of PH can enhance the dislocation density and mechanical property of the roll gap especially, in the upper layers of cross-section.

4. The concurrent growth of PH and RI/Ru causes to intensify the accumulated effects in the roll gap, and a significant arise of rolling force.

5. Using asymmetry condition in TMR process of X70, an increase of the speed ratio leads to a considerable growth of 3.12 and 2.05 percent in YS and UTS, respectively.

6. Because of a uniform distribution of deformation in the roll gap during asymmetrical thermomechanical rolling of X70, an even microstructure with average grain size of $\square 4 \mu\text{m}$ is attained for final structure of as-rolled plates.

5. Acknowledgment

The authors sincerely appreciate the continuous cooperation and encouragement of the heads of R&D and QC management of Khouzestan Oxin Steel Co. (KOSC). The authors are grateful to Mr. Seyed Ehsan Mohsenipour, technical expert of Metallurgical Laboratory of KOSC for his kind technical assistance and precision metallography.

6. References

1. Zhao SL, Zhang Z, Qu LC, Zhang J, Wang JM, Wang SH Effects of Heat Treatment Process on Mechanical Properties of X70 Grade Pipeline Steel Bends. In: Applied Mechanics and Materials, 2015. Trans Tech Publ, pp 322-326
2. Halfa H (2014) Recent Trends in Producing Ultrafine Grained Steels. Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering 2014
3. Li Q, Liu Z-d, Tang G-b, Tian Z-l, Fulio S (2010) Mathematical Model of Microstructure Evolution of X60 Line Pipe Steel During CSP Hot Rolling. Journal of Iron and Steel Research, International 17 (1):70-78.
doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S1006-706X\(10\)60048-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1006-706X(10)60048-9)
4. Wang J, Atrens A (2003) Microstructure and grain boundary microanalysis of X70 pipeline steel. J Mater Sci 38 (2):323-330.

In these experiments, it is tried to execute each test in a different speed ratio in roughing rolling passes. The range of the speed ratio is varied between 1.02 and 1.05. After machining the tensile test samples based on standard ASTM-E8, the tensile tests are performed by an METROCAM (120 tons) tensile test machine (Fig. 15). These specimens have a gauge length and width of 200 mm, 40 mm, respectively. Tensile tests are performed with an initial tensile speed of 0.2 mm/s in same direction of the rolling direction (RD) at room temperature.



Fig. 15 X70 samples of tensile test.

The yield strength (YS) and ultimate tensile strength (UTS) of samples are given in Table 8. It is found that by an increase the speed ratio YS and UTS are arise of 16.1 and 12 units, respectively. Meanwhile, elongation to failure (EL) as a formability parameter is reduced of 2.5 units and ASTM grain size number of as-rolled plates is improved of 1.5 unite by increasing of the speed ratio, simultaneously.

Table 8 Mechanical property of X70 rolled plates.

Plate No.	VA (Roughing passes)	Final Thickness (mm)	ASTM grain size		YS (MPa)	UTS (MPa)
			number (ASTM E112)	EL (%)		
A	1.02	21.4	10.5	22.36	518.9	584.8
B	1.03	21.2	11	22.63	519.1	585.1
C	1.04	21.5	11.5	21.4	528.7	592.6
D	1.05	21.3	12	20.07	535.1	596.8

As concluded from FEM results, the asymmetry condition in rough rolling improves the dislocation density of the austenite microstructure. Hence, this microstructure improvement accuses to grain refinement of final ferrite-perlite microstructure of plates. The optical microscopic images of the microstructure of X70 samples are illustrated in Fig. 16. The optical microstructure of specimens has revealed after machining, grinding, polishing and etching by Nital 2% at room temperature. The ferrite-perlite microstructure of sample consists of 3-3.5 % perlite. The microstructures of the as-rolled plate in the speed ratio of 1.02 consisted of the unequal and equiaxed grains with the average size of 7 μm , as showed in Fig. 16(a). By an increase the speed ratio to 1.03 and 1.04 in Fig. 16(b and c), the shape of microstructure is being even and the grains are refined with the size of 6 and 5 μm , respectively. Due to intensive speed ratio of 1.05 in Fig. 16(b), the homogeneity of microstructure is improved and the average size of grains is extra-refined with the size of 4 μm .

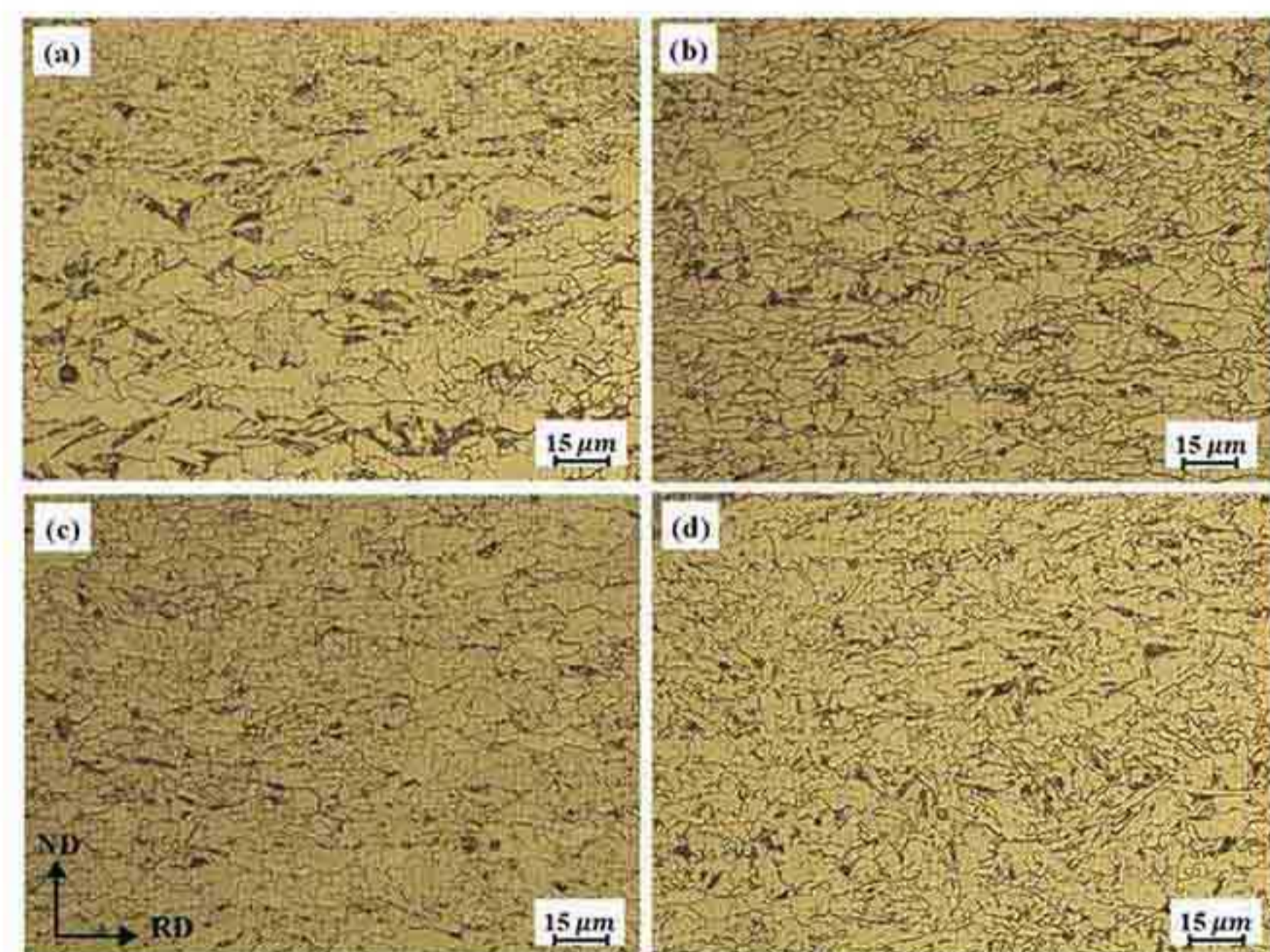


Fig. 16 Optical micrographs of as-rolled samples: (a) X70- A (VA=1.02); (b) X70- B (VA=1.03); (c) X70-C (VA=1.04) and (d) X70- D (VA=1.05).

Based on Hall-Petch relation, there is a closely dependence between yield strength and grain size [57]. So, the asymmetrical rolled plates with lower grain size will present an improved strength. The comparing plots of YS and UTS are illustrated in Fig. 17. As indicated in Fig. 17, increase of the speed ratio leads to a considerable growth of 3.12

effects of VA and RI/Ru on rolling force [the present work], it is found that in condition of equal radius of rolls the effect of R in the range of 550-600 mm on rolling force is very low. However, in this work, where RI=600 mm and Ru is different from 550 mm to 600mm, by an increase of RI/Ru in condition of high value of PH, the rolling force is faced with a significant growth.

3.4. Microstructure and mechanical property improvement

Refer to experimental investigations performed by Lee and Lee [55], it was found that the mechanical property of rolled low carbon steel is increased by increasing the asymmetry condition warm rolling under the temperature of 1023 K. In addition, by

comprising the microstructures and tensile properties of AZ31 magnesium alloy sheets fabricated by asymmetric and symmetric warm rolling (673K), Ma et al. [56] demonstrated that a good combination of yield ratio and micro-textures can be achieved through asymmetry rolling. The performing of required validation experiment tests for investigation the effect of the asymmetry condition of thermomechanical rolling on the property of thick rolled X70 slab cross-section during roughing passes is very expensive. Nevertheless, for experimental confirmation of the effect of asymmetry rolling on the mechanical property of X70 rolled plates, some experimental tests of asymmetrical thermomechanical rolling of four X70 slabs are performed in same pass schedule and different speed ratio in broadsiding pass (roughing) (Table 7).

Table 7 Rolling pass schedule of X70 slabs.

Pass No.	Reduction (%)	Thickness (mm)	Width (mm)	Temperature (K)	Rolling Speed (mm/s)	Pass type
1	11.85	253.22	1559	1350	3.03	Broadsiding
2	13.44	223.22	1562	1348	3.16	
3	11.78	193.22	3967	1347	2.61	
4	13.39	170.46	3969	1344	2.72	
5	15.46	147.64	3972	1341	2.74	
6	18.24	124.81	3976	1336	2.9	
7	22.08	102.05	3980	1319	3.11	
8	15.83	79.52	3985	1123	3.29	
9	13.16	66.93	4495	1121	3.26	Finishing
10	13.28	58.12	4498	1119	3.39	
11	13.43	50.4	4500	1117	3.77	
12	12.01	43.63	4502	1114	3.84	
13	12.19	38.39	4503	1103	3.9	
14	12.34	33.71	4505	1108	3.98	
15	12.55	29.55	4506	1103	4.06	
16	6.11	25.84	4508	1098	4.13	
17	6.18	24.26	4508	1092	4.15	
18	6.24	22.76	4509	1086	4.17	
19	5.2	21.34	4509	1080	4.2	

Pass Height: 25 mm
Ru= 584.5 mm, RI= 586.5 mm

In this study, Box-Behnken matrix is applied to dictate a trial layout for FE model in 17 runs for assessment of three parameters such as speed rate ($V_l/V_u=1, 1.04, 1.08$), pass height ($PH=0, 17.5, 35$ mm) and radius ratio of work rolls ($R_l/R_u=1, 1.045, 1.09$).

After ensuring the precision performance of the obtained ANOVA model computed by Design-Expert software, the cumulative effect of the asymmetry condition on rolling force was studied using the following 3D surfaces showed in Figures 12, 13 and 14.

As illustrated in Fig. 12, growth of VA has a reverse effect on rolling force.

Because in $PH=17.5$ mm, the friction stress of the lower interface of the roll gap and imposed bending moment on the vertical side of the roll gap being enlarged, and it leads to a sensible arise in rolling force. Simultaneous increase of VA and R_l/R_u leads to an increase friction stress and rolling force, as a result.

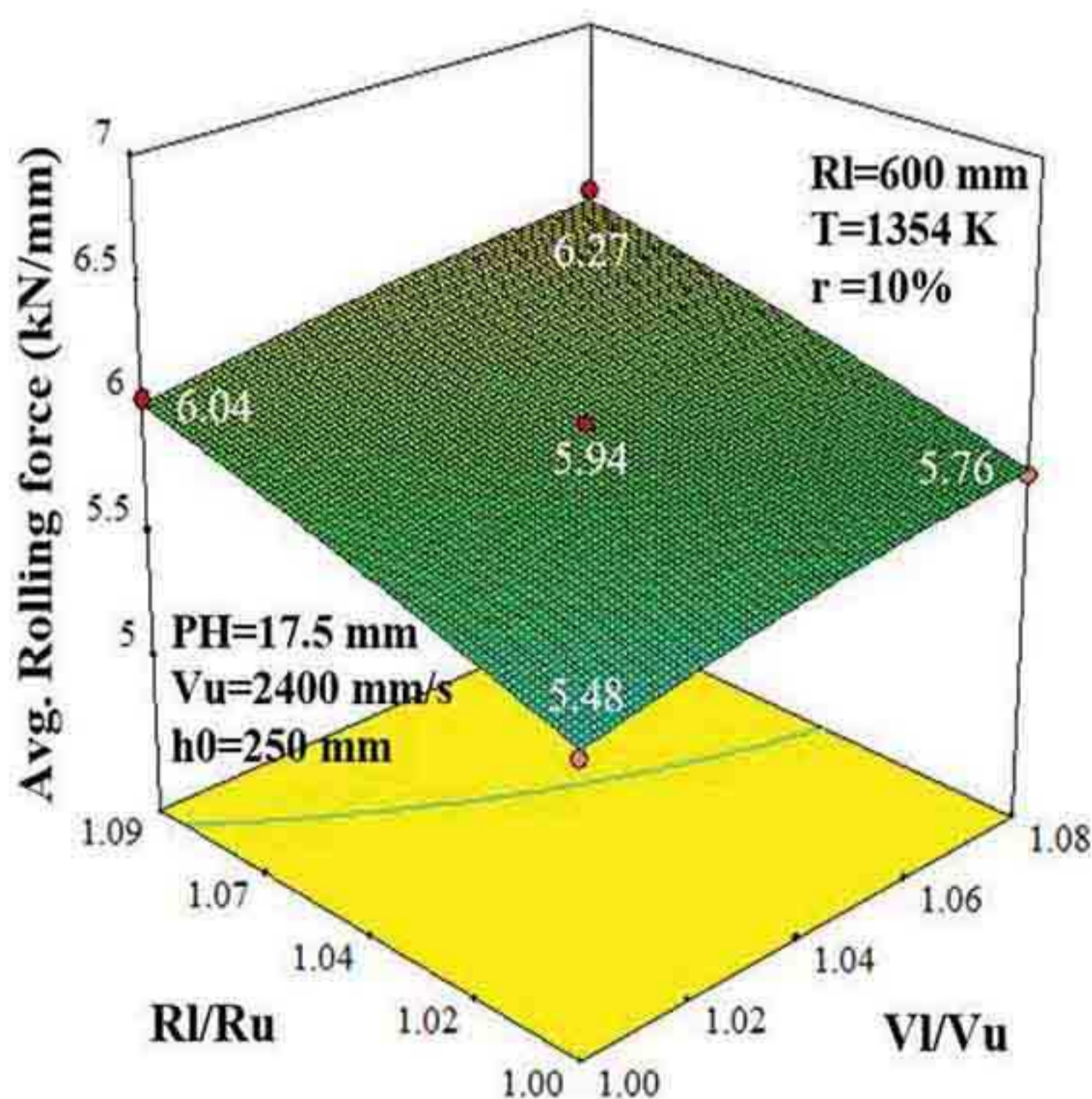


Fig. 12 Interaction effect of speed ratio and radius ratio of rolls on the average rolling force.

The contrary effect of VA on rolling force is revealed by precis inspection of Fig. 13. In condition of $PH=0$, VA has a sensible decreasing effect on rolling force (as mentioned in literature). However, by an increase of PH (0-35 mm), arise of VA creates a considerable amount of rolling force.

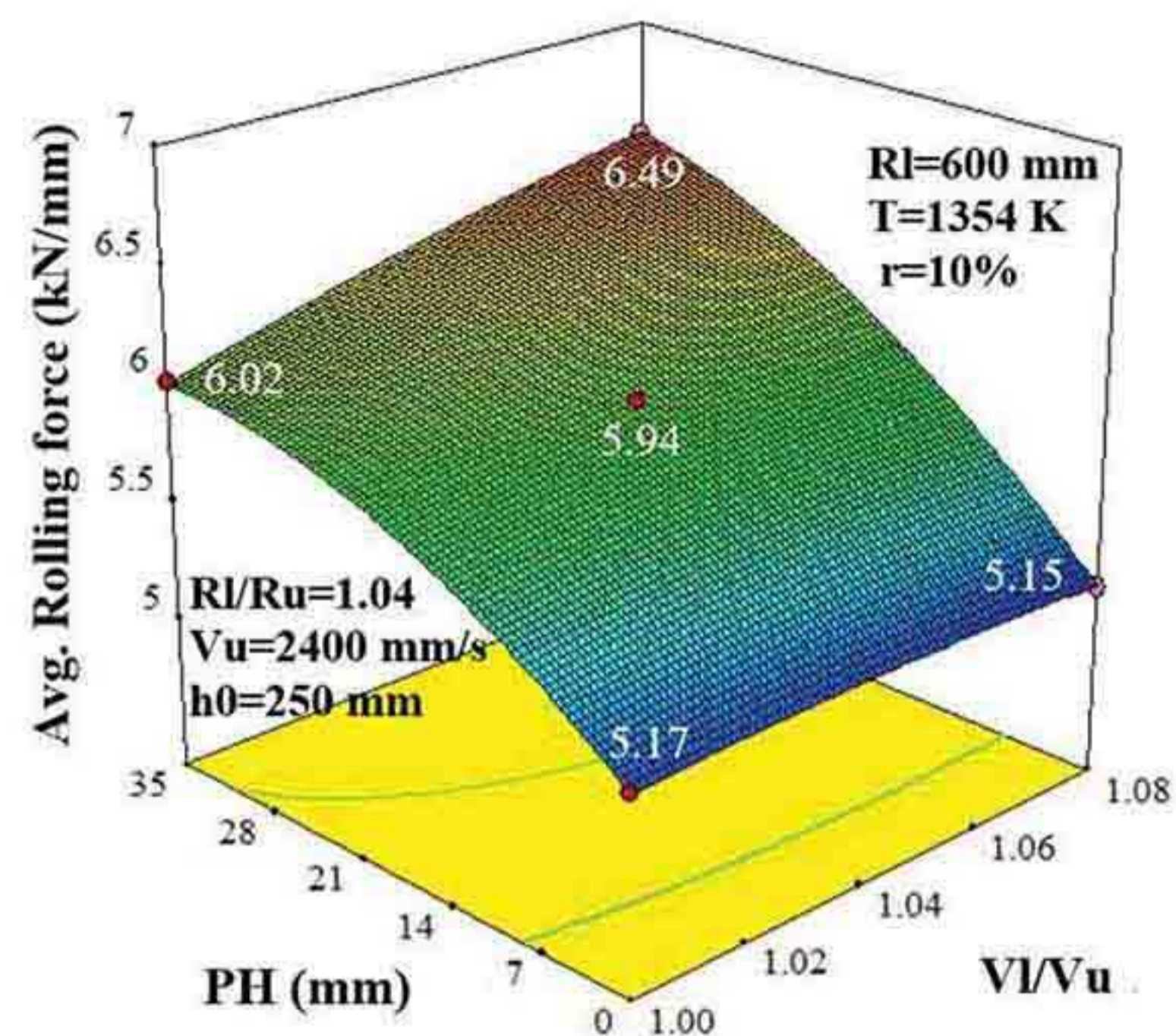


Fig. 13 Interaction effect of pass height and speed ratio of rolls on the average rolling force.

Fig. 14 represents a special condition for rolling force accrued by accumulated effect of concurrent growth of PH and R_l/R_u . The combination of the mentioned parameters leads to intensify the friction stress in the roll gap and a significant arise of rolling force.

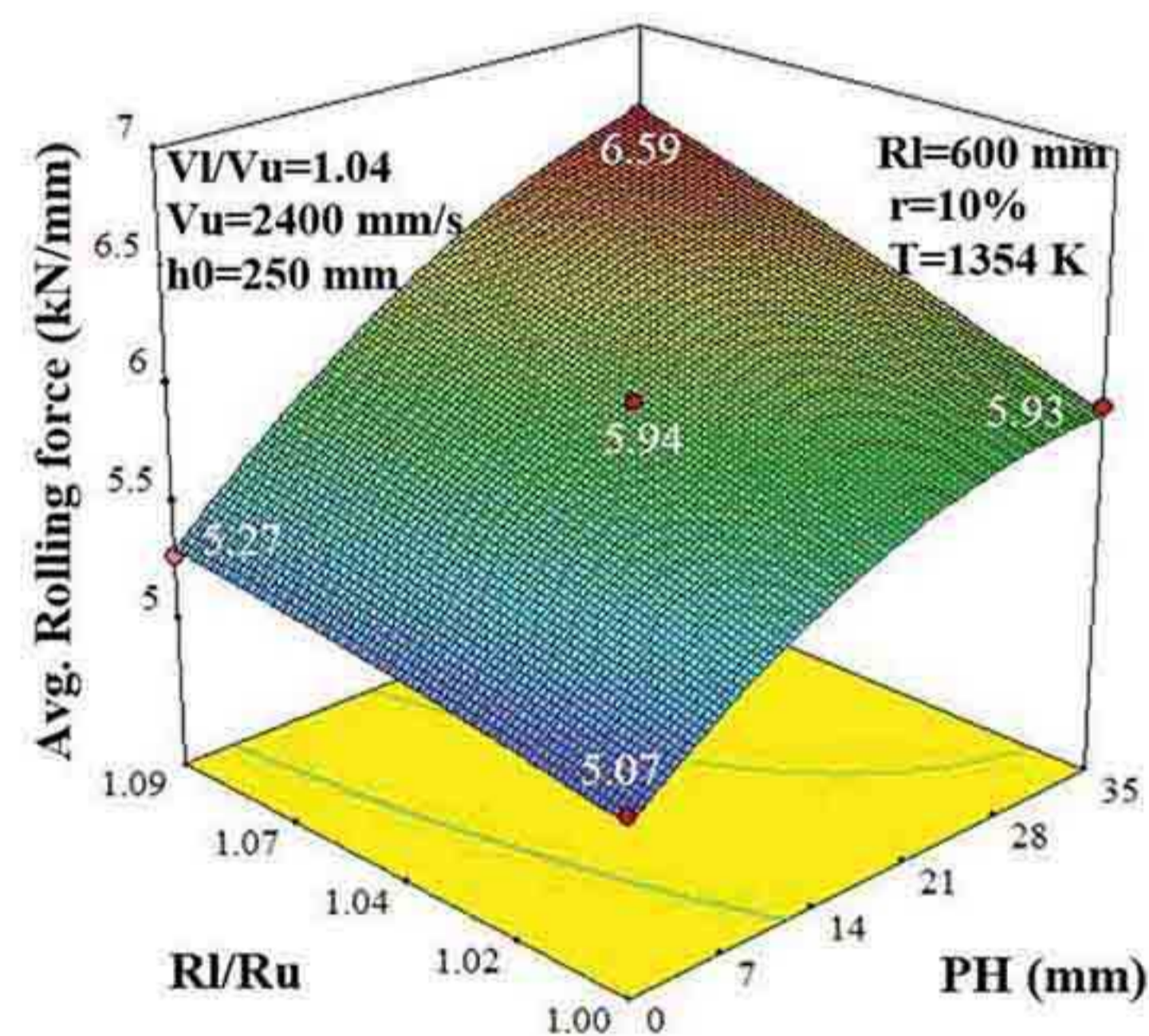


Fig. 14 Interaction effect of radius ratio of rolls and pass height on the average rolling force.

In the last work [25], the interaction effects of VA and roll radius (R) were studied for calculation of rolling force with equal radius of upper and lower roll in condition of constant PH. On the other hand, in this work, the interaction effects of VA and radius ratio of work rolls (R_l/R_u) were investigated in conditions of unequal radius of upper and lower roll and variety of PH. Comparing the interaction effect of VA and roll radius [25] with interaction

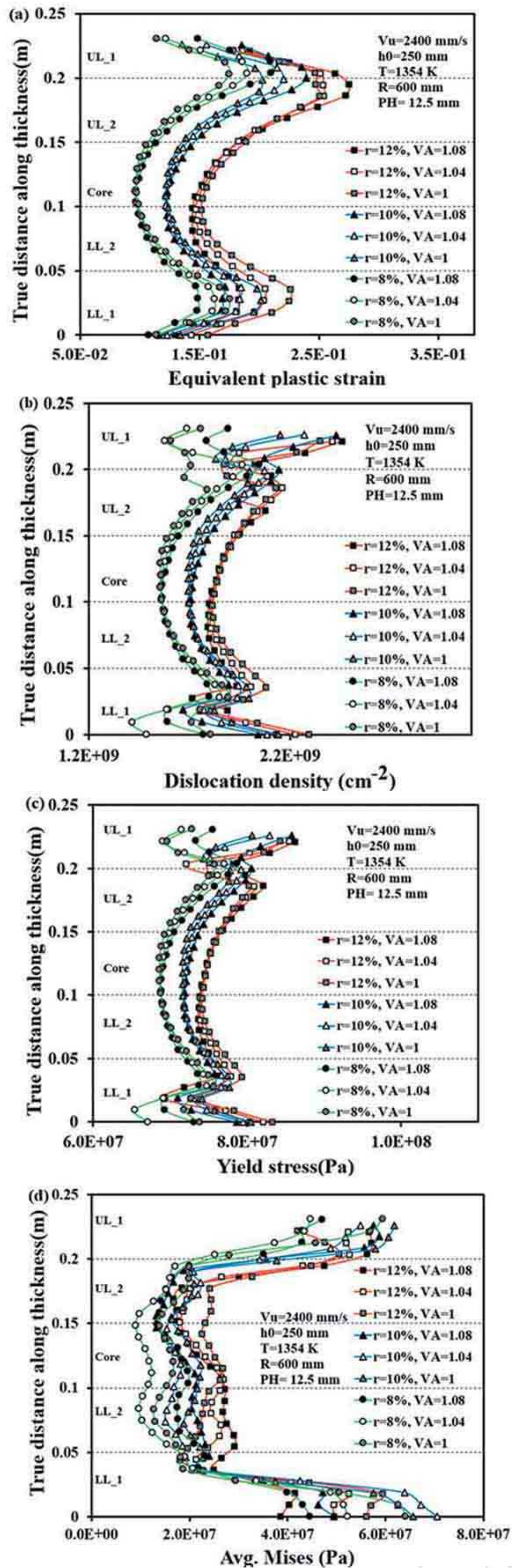


Fig. 10 Inhomogeneous distribution of: (a) equivalent plastic strain; (b) dislocation density; (c) yield stress and (d) Mises stress through thickness in various reduction and speed ratio for PH=12.5 mm.

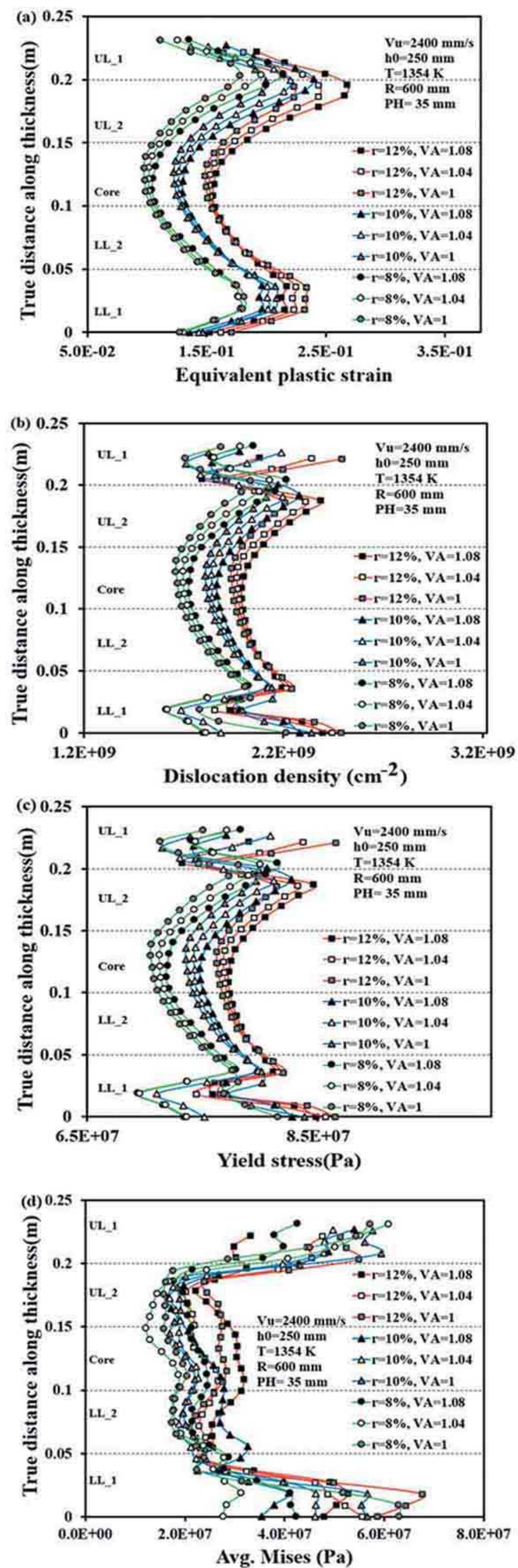


Fig. 11 Inhomogeneous distribution of: (a) equivalent plastic strain; (b) dislocation density; (c) yield stress and (d) Mises stress through thickness in various reduction and speed ratio for PH=35 mm.

The distribution of dislocation density and yield stress of FE as-rolled slab are exhibited in Fig. 9.

As illustrated in Fig. 9(a)-(b), the value and distribution dislocation density of the roll gap microstructure was improved in asymmetrical condition of 1.08. As indicated, the maximum dislocation density has increased from $4.52E+9 \text{ cm}^{-2}$ (Fig. 9a) to $4.68E+9 \text{ cm}^{-2}$ (Fig. 9b).

Comparing the contour plots of Fig. 9(c)-(d), it is revealed that, this even distribution and increasing trend of dislocation density have increased the yield strength of material, especially in middle and lower parts of cross-section.

The values of the mentioned material parameters have been monitored in the length of thickness in Fig. 10 (PH=12.5 mm) and Fig. 11 (PH=12.5 mm) to imply the inhomogeneous deformation of the roll gap cross-section in different thickness reduction and VA.

The positions of the paths along the thickness are located in the middle of the slab just after rolling process (not during deformation). Focusing on the performed stratification of the roll gap in Fig. 10a and Fig. 11a, it is clear that increase of VA considerably alters the plastic strain distribution, especially in high value of reduction ($r=12\%$).

Increase in VA not only amplifies the plastic strain in the upper region of cross-section but also the transfers the position of maximum plastic strain from surface layer (UL₁) to sub surface layer (UL₂).

This expansion of deformation from the upper layer to the core leads to compensate the lack of work hardening of the middle layer in cross-section.

So, by considering the dislocation density distribution indicated in Fig. 10b and Fig. 11b, it is revealed that a high value of VA combining with high value of PH can improve the dislocation

density distribution of the roll gap, especially in upper layers.

Because, the imposed additional shear stress and bending moment in CSR are expanded to upper layers of the roll gap.

Furthermore, homogeneity of dislocation density distribution is being consolidated through the microstructure of rolled material.

Generally, it can be concluded that with a combination of VA and PH, the poor homogeneity in the upper layers is compensated and a homogeneous deformation was achieved in the roll gap.

Regarding to the direct relation between dislocation density and flow stress [53], by an increase the PH value from 12.5 mm to 35 mm, the uniform distribution of yield stress is being reduced (Fig. 10c and Fig. 11c).

However, the yield strength of the sub surface layer (UL₂) is raised particularly in VA=1.08. Accordingly, from Fig. 10d and Fig. 11d, it can be concluded that homogenous material in rolling causes to a uniform Mises stress (just after rolling) imposing on rolled material, especially in PH=35 mm.

This obtained heterogeneous deformation in the austenite microstructure of X70 provides some distinguish advantages such as developed microstructure and mechanical property in final ferrite- perlite structure of rolled plate. These found advantages of asymmetry rolling can promote the quality of steel products in rolling industry of micro alloy steel.

3.3. Interaction of asymmetrical parameters

In the field of interaction study of the asymmetrical parameter on rolling force, there is no published research at this time.

The Box-Behnken design technique can properly calculate the interaction effects of variable parameters on response function and estimate a regression model using analysis of variance (ANOVA) [54].

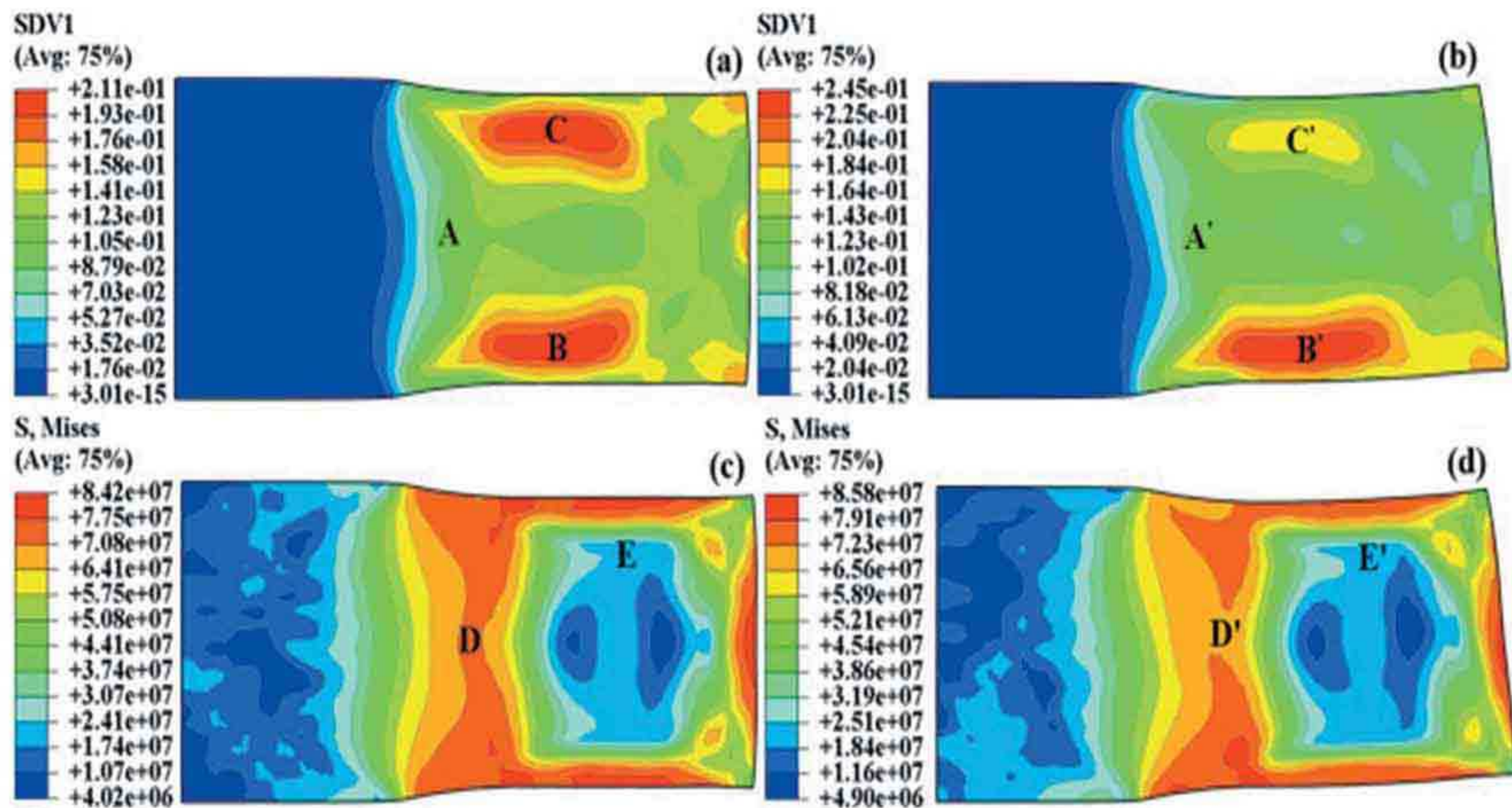


Fig. 8 Distribution contour plots of: equivalent plastic strain; (a)VA=1, (b) VA=1.08 and Mises stress (Pa) through thickness; (c) VA=1, (d) VA=1.08 ($V_u=2400$ mm/s, $r=10\%$, $h_0=250$ mm, $T=1354$ K, $R=600$ mm, $PH=12.5$ mm).

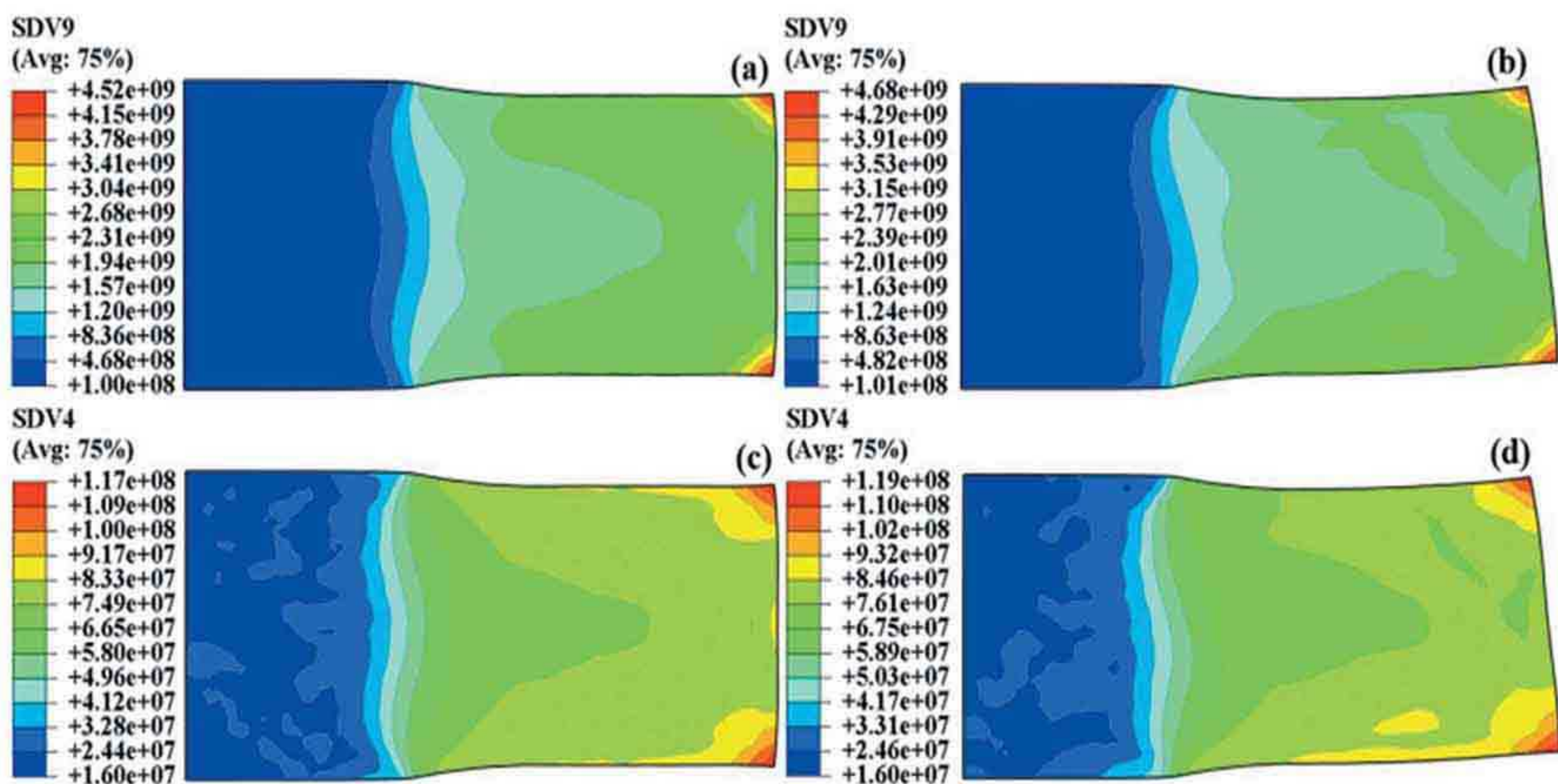


Fig. 9 Distribution contour plots of: dislocation density (cm^{-2}); (a)VA=1, (b) VA=1.08 and yield strength (Pa) through thickness; (c) VA=1, (d) VA=1.08 ($V_u=2400$ mm/s, $r=10\%$, $h_0=250$ mm, $T=1354$ K, $R=600$ mm, $PH=12.5$ mm).

Considering the measured and computed values of rolling force (Fig. 7a) and exit thickness (Fig. 7b) of the rolled slab, the FE model was verified in multi-pass rolling.

The comparison of the present FE model outcomes with experimental results of ATMR signifies a good acquisition of the rolling force with a mean error of 3.85 percent and an excellent adaptation for exit thickness.

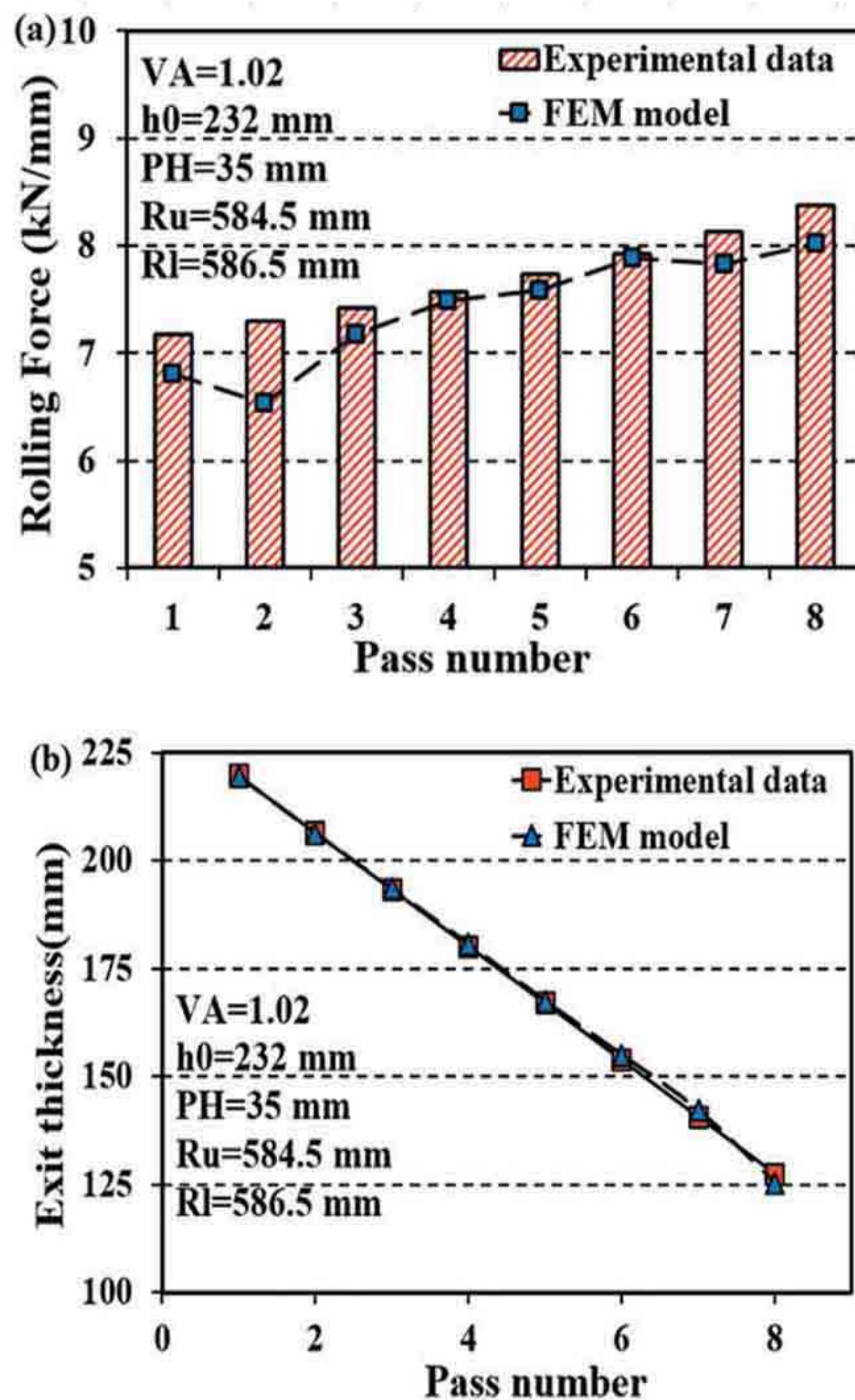


Fig. 7 Comparison of numerical and experimental results for (a) rolling force and (b) exit thickness of rolled slab.

3.2. Deformation distribution

It can be found that the influencing of rolling force from asymmetry parameters is caused by

different transformation in the roll gap and additional shear deformation [52].

So, in this work, the significant material parameters of the roll gap such as equivalent plastic strain, dislocation density, yield stress and imposed Mises stress have been subjected to evaluate the effects of VA and PH on the asymmetry deformation of the roll gap cross-section using the verified FE model.

Distribution contour plots of these parameters were shown in Fig. 8 and Fig. 9.

As indicated in Fig. 8b, unlike the symmetry condition of VA=1 (Fig. 8a), asymmetry condition of VA=1.08 causes an asymmetry plastic strain in cross-section of the roll gap.

Due to the spreading of the contact surface between the rolled material and upper work roll and additional shear stress in the roll gap, the deformation in the lower region of cross-section is being more than that of in the upper region. This unbalanced deformation leads to the reduction of deformation in middle and upper regions (A and C) in comparison with those of regions A' and C' (Fig. 8a, b).

On the other hand, this asymmetry condition accused to overtake of plastic strain of region B' (Fig. 8b) from that of region B (Fig. 8a).

In addition, the deformation condition in core being improved and the position of part with minimum plastic strain in the core is transferred to the upper region with the same procedure, and the maximum plastic strain has increased from 0.21 (Fig. 8a) to 0.24 (Fig. 8b).

As shown in Fig. 8(c)-(d), by a casual investigation of the imposed Mises stress of middle regions (D and D') and upper layer (E and E') of the roll gap, it is found that the value of Mises stress has reduced by asymmetry condition of VA=1.08. Hence, this phenomenon leads to a reduction of rolling force.

the as-rolled slab is continuously measured by some pyrometers installed the double side of stand.



Fig. 5 4Hi- heavy plate mill stand.

The rolling force data have been measured by a couple of Kelk disk type load cells with 56×10^3 kN capacity and response time less than 0.1 millisecond.

As indicated in Fig. 6, these load cells have been installed under the head of operate and drive side screw-downs.

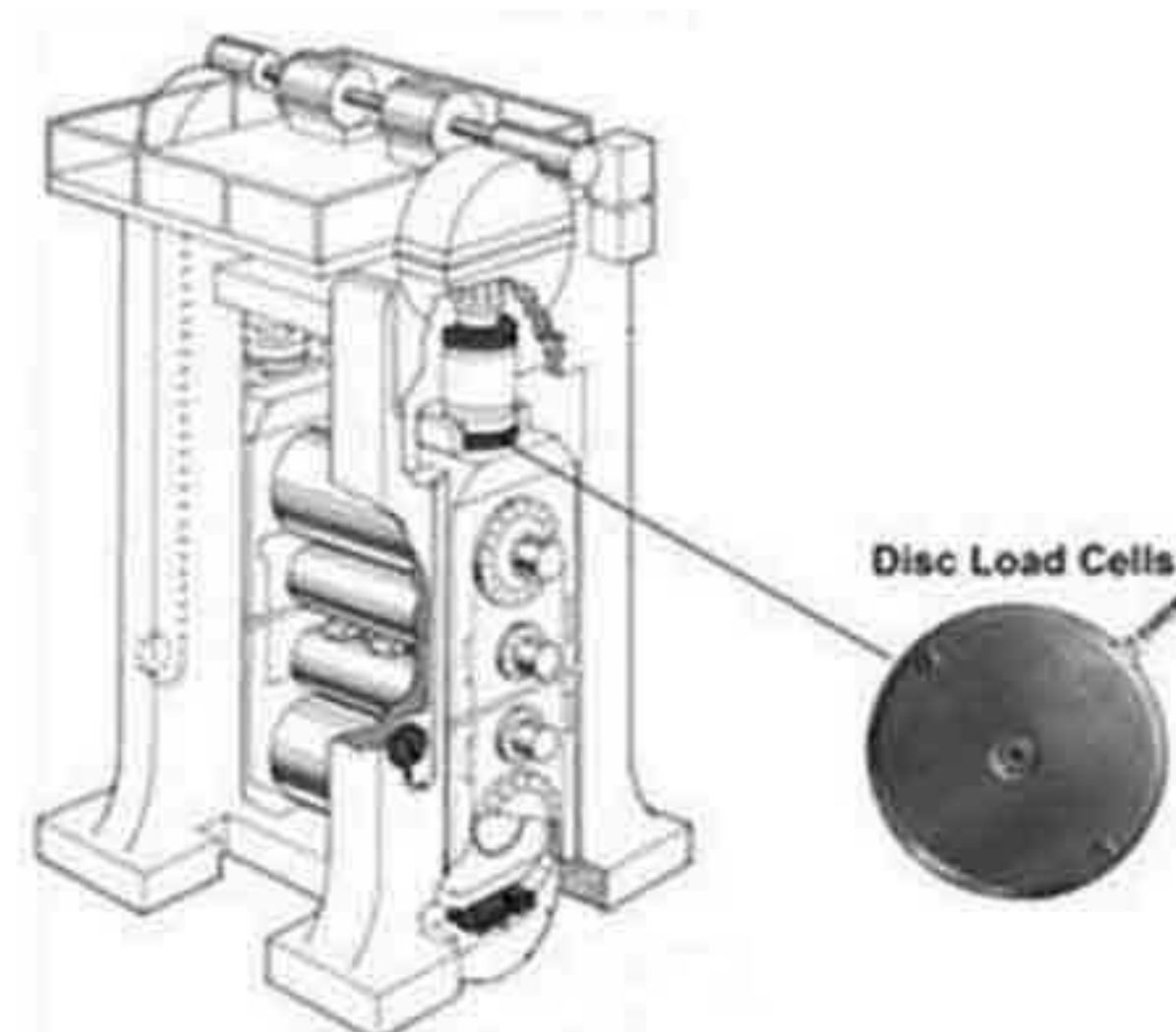


Fig. 6 The position of Kelk load cell in 4Hi-mill stand [51].

After preheating and de-scaling the as-received slab, roughing passes were begun in temperature of 1354 (K). The roughing pass schedule of rolled X70 slab is given in Table 6.

Table 6 Rough rolling pass schedule of X70 slab.

Pass No.	Reduction (%)	Exit Thickness (mm)	Width (mm)	Temp. (K)	Inter pass time	Rolling Speed (mm/s)
1	5.67	232.96	4558.99	1354.4	-	2.59
2	6.01	219.75	4560.09	1352.68	4.5	2.64
3	6.4	206.54	4561.27	1350.81	4.5	2.69
4	6.83	193.33	4562.53	1348.86	4.3	2.76
5	7.33	180.12	4563.89	1346.81	4.3	2.83
6	7.92	166.91	4565.36	1344.75	4.1	2.92
7	8.6	153.7	4566.96	1342.52	4.3	3.01
8	9.4	140.48	4568.72	1339.84	4.2	3.08

Initial dimension of slab(mm): 232*1853*4557

$R_u = 584.5$ mm, $R_l = 586.5$ mm

Speed ratio: 1.02

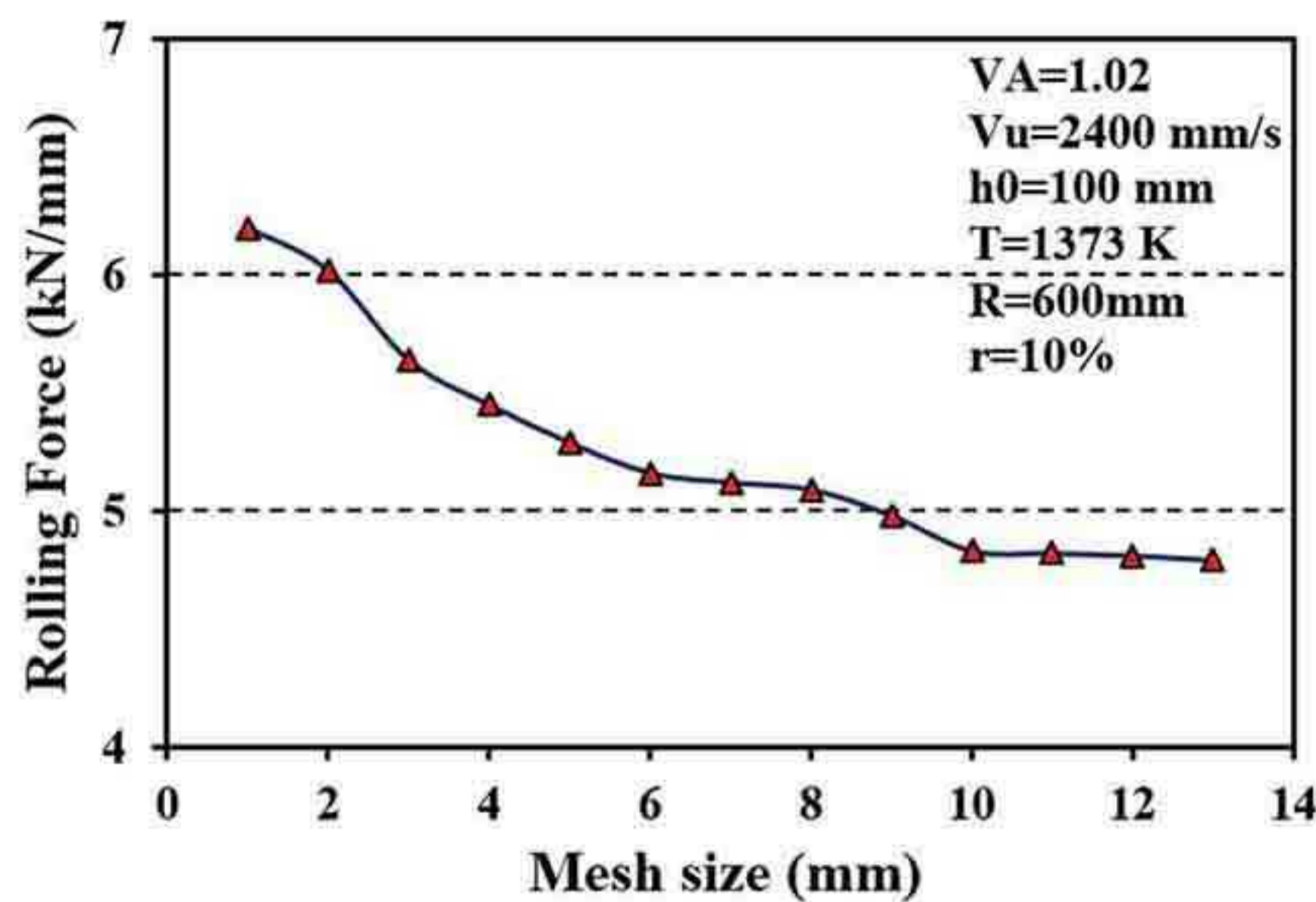


Fig. 3 Sensitivity of rolling force to mesh size.

2.4. Pass height (PH)

Generally, in the analysis procedure of rolling process, it is assumed that the mid-line of rolled plate is aligned with the roll gap in the beginning of rolling. This although in industrial structure of rolling the pass draft is imposed by upper work roll, and the lower work roll is kept motionless. So, there is a misalignment between mid-lines of the rolled plate and the roll gap.

Regarding the industrial schematic of 4H- mill stand illustrated in Fig. 4, the upper surface of lower work roll is positioned higher above the upper surface of feed-rolls named pass line (PL). The distance between upper surface of lower work roll and PL is named pass height (PH). In mill stand the PH value is kept constant during rolling process. The control of PH is an important parameter affecting on the curvature index of the rolled plate and feed-rolls life time equipped in the double side of mill stand [50].

In design concept of the proposed 4H- mill stand, the maximum value PH is 35 mm. Because in the performance period of the mill stand maybe the value of PH being changed for a different reason such as surface wearing of work rolls or feed rolls, breakdown foundation of stand or feed rolls and reduction of HAGC hydraulic pressure. In the ATMR process, especially in rolling of X70 micro alloy steel, the rolling force is very high. So, this high rang value of imposed pressure on HAGC hydraulic may lead to partial leakage in HAGC cylinder and the value of PH is reduced during rolling,

consequently. Hence, the study the effect of PH as an asymmetry parameter in ATMR mechanism is undeniable.

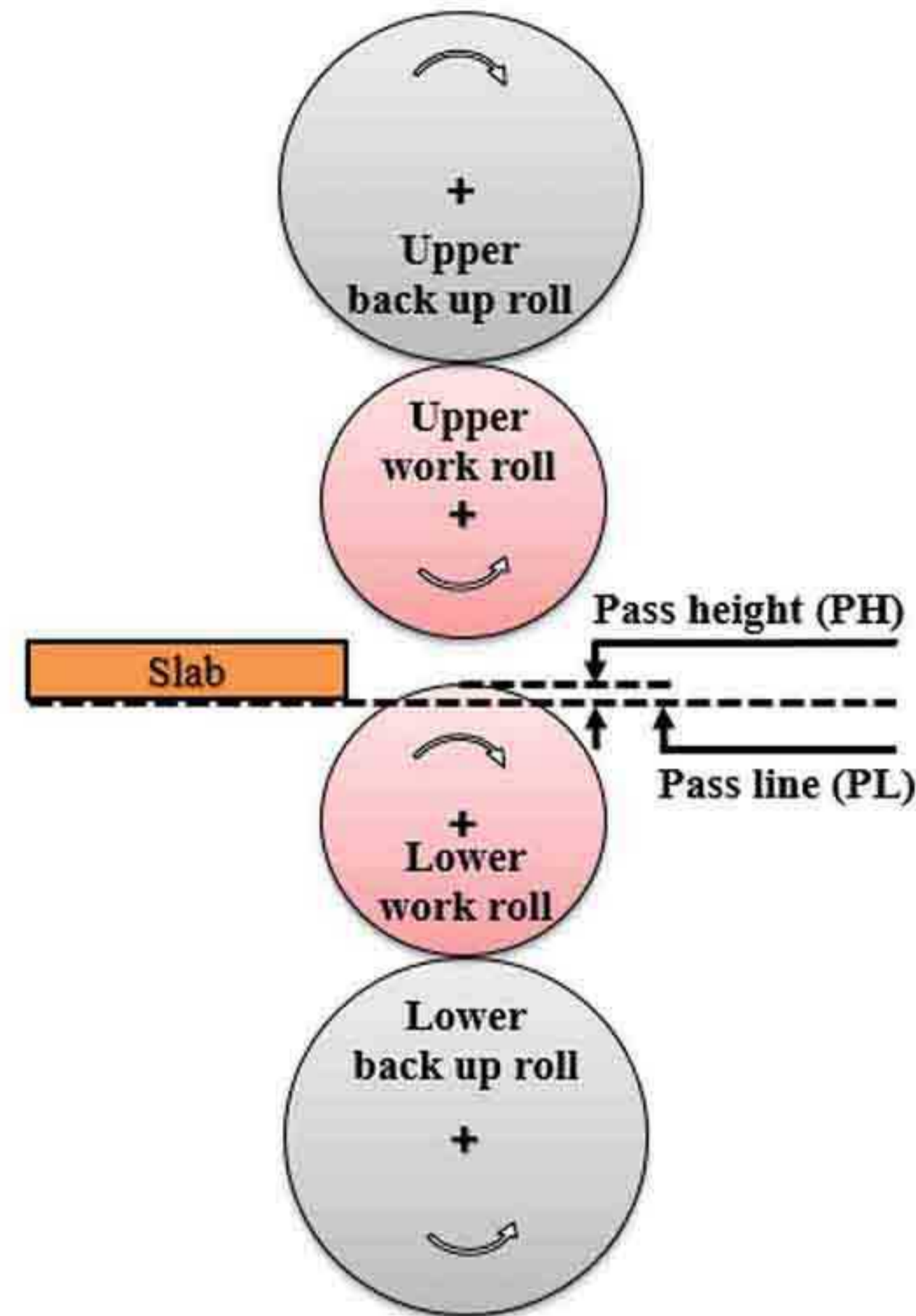


Fig. 4 Schematic of pass height as an asymmetry parameter.

3. Result & discussion

3.1. Experimental verification

According to real condition of TMR in industry, the wide 4Hi-single stand reversing mill of Khuzestan Oxin Steel Co. (KOSC) was used to verify the provide FE model. So, the roughing passes of rolling schedule of a continuously cast slab of X70 micro alloyed steel was molded to determine the confidence limit of simulation. This wide rolling mill stand is shown in Fig. 5. Gap control of the rolling passes is performed by signal processing of X – Ray thickness gauge. The dimensions of the rolled slab are measured by γ – Ray profile meter device of 1 micron accuracy and processing time of 10 milliseconds. The capacity of rolling force is 10^5 kN. This mill is equipped with long stroke hydraulic automatic gauge control (HAGC) cylinders below bottom back-up chocks and automatic pass line adjustment is done by automatic gauge control (AGC) systems. The temperature of

In this work, all mechanisms of heat losing and generating of the rolled slab were considered to identify the actual conditions of ATMR process.

Table 5 Thermo-physical parameters of indefinite chilled work rolls [47].

Parameter	Value
Young's modulus	$E_{WR} = 182 \text{ GPa}$
Density	$\rho_{WR} = 7400 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
Thermal conductivity	$\lambda_{WR} = 18.46 \frac{\text{W}}{\text{m.K}}$
Specific heat	$C_{WR} = 470 \frac{\text{J}}{\text{Kg.K}}$
Coefficient of thermal expansion	$\alpha_{WR} = 9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Poisson's ratio	$\nu_{WR} = 0.27$
Initial temperature	$T_{WR} = 423 \text{ K}$

2.3. Thermos-viscoplastic FE model

The proposed material flow and constitutive equations of material genome are non-standard models, and the material libraries of commercial FE programs are not implemented with these models. So, this especial material property must be identified as a user-defined material for FE model. In the present work, ABAQUS/explicit was applied to compute a 2D plane strain FE model with a reasonable time integrating and effective enforcement the contact constraints in rolling. The subroutine implemented the user-defined material into FE solver of ABAQUS/explicit is named VUMAT [48].

Based on a verified algorithm by Gao et al. [49], a constitutive model of thermos-visco-plastic was enforced in a subroutine VUMAT code. In this VUMAT, isotropic hardening law was adopted for strain hardening, and Mises yield criterion was used for isotropic property of material flow.

In the present FE model, the slab, work rolls and roller-tables were modeled by a CPE4RT element type to simulate the thermal and mechanical concept of ATMR (multi-pass rolling at the austenite microstructure). The roller-tables were assumed as a smooth bed with thickness of 10 mm and same thermo-physical property of industrial roller-table, to time consuming in the numerical

analysis. The FEM mesh of the slab consisted of 2376 nodes and 2146 elements. The deformations of work rolls and roller-tables were neglected by imposing a rigid body constraint to maintain the heat-transfer behavior of these components. The dimension of the modeled slab was designed in thickness of 250 mm and the length of 500 mm. The length of the slab is designed lower than that of actual length (3000-4500 mm) to reduce the time of CPU processing. The radius of the designed work rolls is 550-600 mm (based on the industrial size). The FE model is indicated in Fig. 2. The initial temperature of the preheated slab is determined of 1354 K (based on industrial setup for TMR of X70).

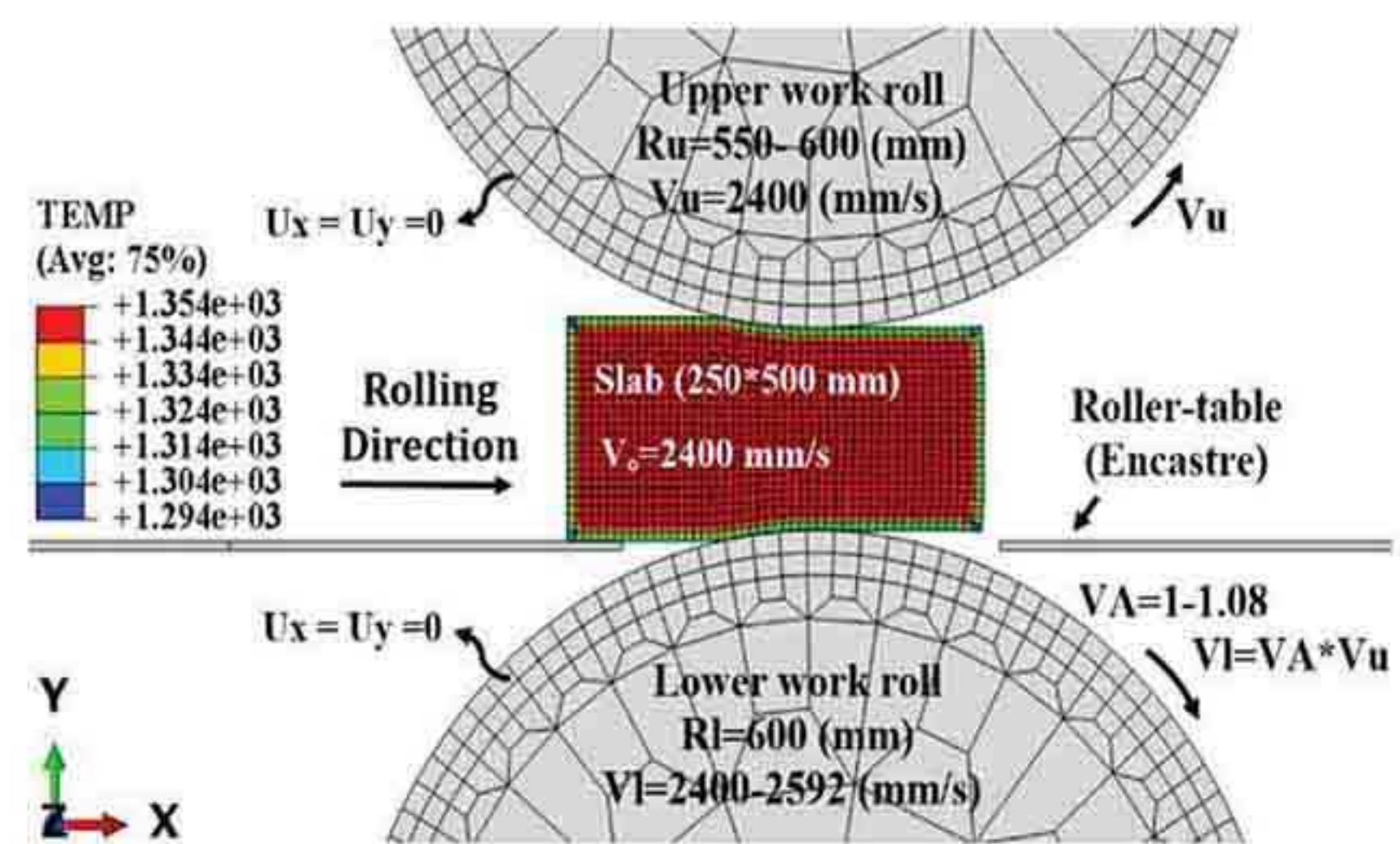


Fig. 2 The FE model of thermomechanical rolling.

In the present study, the displacements, thermal and contact boundary conditions were defined based on the industrial scale. For avoid of hitting between slab and work roll in the onset of rolling, an initial velocity of 2400 mm/s was predefined for the slab in the x-direction (close to linear speed of work roll). The slab was assumed to be free of constrained.

All degrees of freedom of work rolls and roller-tables are constrained, except rotation about the z-axis.

As indicated in Table 4, a rate-dependent Coulomb friction model was used to define the friction condition for model components' interfaces.

The evaluation of computed rolling force was subjected to determine the mesh size.

As illustrated in Fig. 3, the sensitivity of rolling force to the mesh size represents that in mesh size bigger than 10 mm, the output rolling force undergoes a small change. So, size of mesh has been selected of 10 mm.

2.2. Thermal model and boundary condition

The roughing passes of ATMR process can be described due to following procedure, generally. First, the preheated slab (1100 °C) is conveyed from a walking beam furnace to water-descaling box for scale removing. The spraying of pressurized water (235 bar) on the surface of the hot slab leads to a severe thermal gradient through thickness. Then slab is transferred to vicinity of feed-rolls of reverse mill stand by roller table. After the first pass, belong to the length of the slab and rolling speed, the slab is perforce kept on the roller-table until the next pass. Whereas the slab was faced with softening

mechanisms during the inter-pass. In rolling industry, it was attempted to reduce the inter pass time by applying an advanced automation system for improvement the performance of reverse mill stand. The plate (rolled slab) is moved forward and reverse during the rolling process until the pass schedule being finished. Therefore, in rolling mill strand the heat flow of the roll gap is basically depended on the initial temperature of slab and work roll. Therefore, it is needed to calculate the heat-transfer equations of the roll gap continuously. The thermos-physical properties of slab and work roll are given in Table 4 and Table 5, respectively.

Table 4 Thermo-physical parameters of X70 slab.

Parameter	Value/equation
Heat transfer coef. (slab to work roll) [36]	$h_{cond-WR} = 9500 \frac{W}{m^2.K}$
Heat transfer coef. (slab to roller table) [36]	$h_{cond-RT} = 70 \frac{W}{m^2.K}$
Heat transfer coef. (slab to air) [40]	$h_{conv-A} = 15 \frac{W}{m^2.K}$
Heat transfer coef. (slab to water) [40]	$h_{cond-W} = 15000 \frac{W}{m^2.K}$
Heat transfer coef. (slab to scale of 10 μ m thickness) [43]	$h_{cond-S} = 2.5 \frac{W}{m^2.K}$
Surface emissivity [6]	$\epsilon_{dissipation} = 0.8$
Inelastic heat fraction [14,44]	$\eta = 0.9$
Stenfan-Boltzmann constant [45]	$\sigma_{S-B} = 5.6 \times 10^{-8} W/m^2K^4$
Friction coef. (mean rolling speed=2.5m/s) 14	$\mu = 1.05 - 5 \times 10^{-4}T - 5.6 \times 10^{-2}v$
Young's modulus (GPa) [46]	$E_S = -46322 T^2 - 9 \times 10^7 T + 3 \times 10^{11}$
Poisson's ratio [46]	$\nu_S = 0.32$
Thermal expansion coefficient [46]	$\alpha_S = 2.7 \times 10^{-5} K^{-1}$
Specific heat ($\frac{J}{Kg.K}$) [46]	$C_S = 0.058 T^2 + 116.3 T - 55438$
Density [46]	$\rho_S = 7755 \left(\frac{Kg}{m^3}\right)$
Conductivity ($\frac{J}{Kg.K}$) [46]	$\lambda_S = 35.2$
Environment temperature	$T_A = 333 K$
T: Slab temp. (K)	

2.1.3. Accumulated strain and grain growth

Residual strain is resulting of partial recrystallization occurring between passes.

This retained strain is related to the stored energy in material that must be added to imposed strain of the subsequent rolling passes [40].

So, the concept of accumulated strain was presented by [41]:

$$\varepsilon_i^{acc} = \varepsilon_i + \varepsilon_r, \quad \varepsilon_r = K_{acc}(1 - X_{i-1}) \varepsilon_{i-1} \quad (1)$$

In which, ε_i is the strain of current pass, ε_r is residual strain, $\varepsilon_{(i-1)}$ and $X_{(i-1)}$ are the strain and the recrystallization volume fraction of previous pass, respectively.

The coefficient of K_{acc} is related to the length of inter pass time which $K_{acc}=0.5$ for long inter pass time and $K_{acc}=1$ for short one.

After complete volume fraction of recrystallization, the grain growth is driven by reduction of free energy relating to the grain boundary [41]. This phenomenon causes to a coarsen microstructure, especially in high inter pass time. The onset of grain growth is concurrent with diminution of residual stress [36]. The proposed grain growth model in this study is given as follows [42]:

$$d^{4.5} = d_{full}^{4.5} SRX,MDRX + 4.1 \times 10^{23} (t_{ip} - 4.3 t_{0.5 SRX,MDRX}) \exp\left(-\frac{435000}{RT}\right) \quad (2)$$

Where, the term of $4.3 t_{(0.5 SRX,MDRX)}$ is the time of 95% recrystallization.

Therefore, based on the mentioned procedure of microstructural metamorphosis, a flowchart of calculations has been programmed by FORTRAN software. Fig. 1 illustrates the workflow for microstructure evaluation of X70 contributing to dynamic and static transactions of ATMR process.

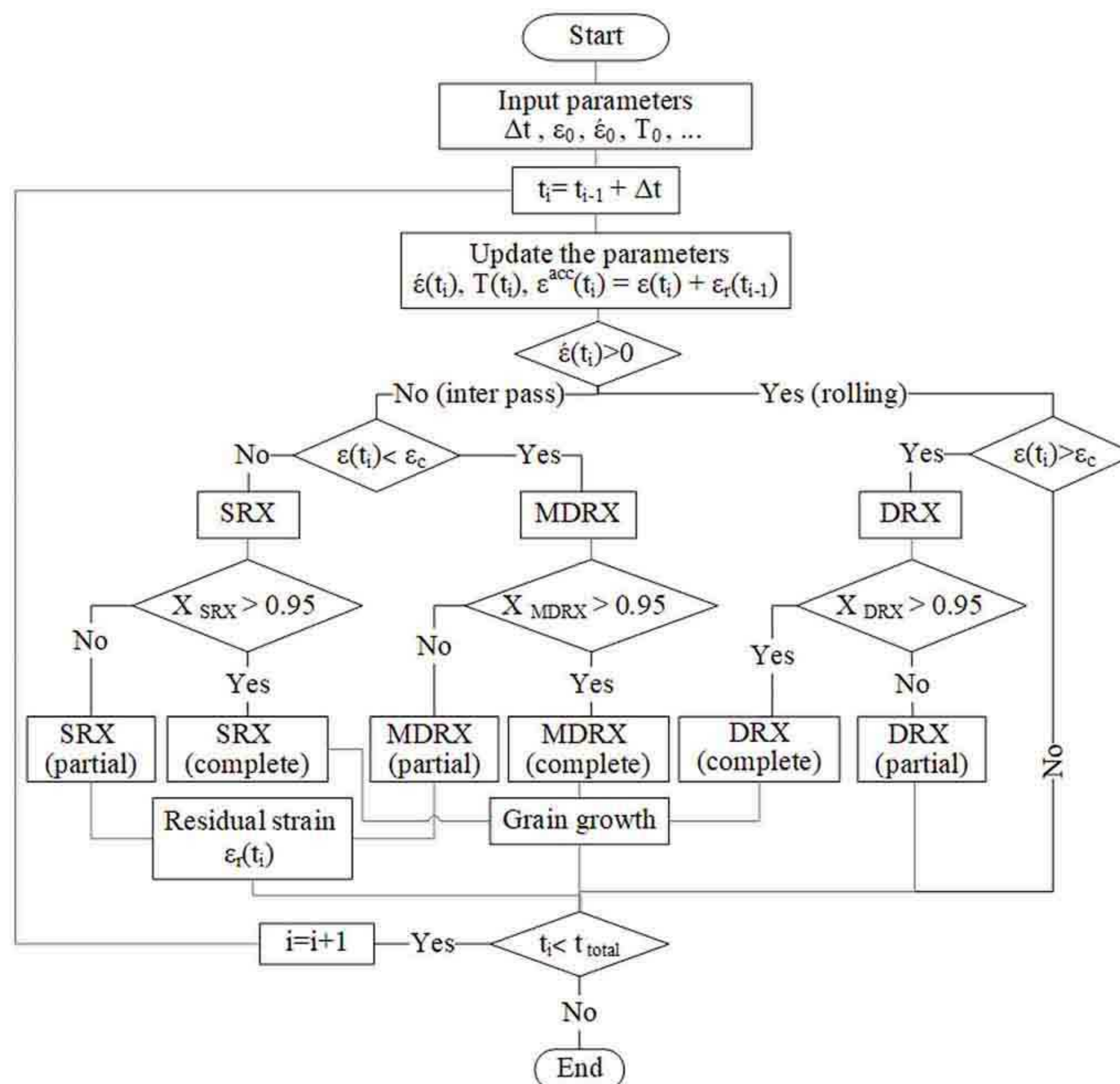


Fig. 1 Flowchart of the microstructure evaluation in ATMR process of X70.

2.1.2. Static deformation (inter pass)

In managing of ATMR pass scheduling, controlling the microstructure plays an important role in resulting microstructure and final mechanical property. Good understanding the softening mechanisms such as static and meta-dynamic recrystallization during the inter-pass time lead to an achievable grain refinement and homogenous dislocation density. Aimed to provide a time-dependent model of static recrystallization and recovery during inter pass time, the examined flowcurves of X70 resulting by Tang et al. [33] have been evaluated

by invers analysis method. As indicated in Table 3, The static material genome consists of static and meta-dynamic models. According to the deformation quantity of rolling pass, work softening can be evaluated during inter pass time. Comparing the strain of rolling pass with critical strain, the type of recrystallization has been defined for inter pass microstructure. If strain is being lower than critical strain, the structure will face with static recrystallizations. Otherwise, the rolled material is encountered with meta-dynamic recrystallization [34].

Table 3 Static material genome of X70.

Genome	Value/equation
Static dislocation density equation (m^{-2})	$\frac{\rho}{\rho_i} = \frac{1}{\exp[b_s t - 0.06 \left(\frac{t_{ip}}{t_{0.5}}\right)^{1.02}]}$
Static recovery coefficient	$b_s = 132.2 t^{-0.648} \exp\left(\frac{-6757}{T}\right)$
Time for 50% SRX	$t_{0.5}^{SRX} = 3.09 \times 10^{-14} \varepsilon^{-0.1923} \exp\left(\frac{Q_{SRX}}{RT}\right)$
Activation energy for static deformation	$Q_{SRX} = 335 \frac{KJ}{mol}$
SRX volume fraction	$X_{SRX} = 1 - \exp\left[-0.693 \left(\frac{t}{t_{0.5}}\right)^{0.55}\right]$
SRX grain size [35]	$d_{SRX} = 0.88 d_0^{0.59} \varepsilon^{-0.98}$
Avg. SRX grain size [36]	$d_{SRX}^A = d_{SRX} X_{SRX} + (1 - X_{SRX}) d_0$
Time for 50% MDRX [37]	$t_{0.5}^{MDRX} = 4.42 \times 10^{-7} \varepsilon^{-0.59} \exp\left(\frac{153000}{RT}\right)$
MDRX volume fraction [38]	$X_{MDRX} = 1 - \exp\left(-0.693 \left(\frac{t_{ip}}{t_{0.5}^{MDRX}}\right)^{1.1}\right)$
MDRX grain size [39]	$d_{MDRX} = 1400 \left[\varepsilon \exp\left(\frac{Q_{DRX}}{RT}\right) \right]^{-0.13}$
Avg. MDRX grain size [36]	$d_{MDRX}^A = d_{DRX} X_{DRX} + (1 - X_{DRX}) d_{MDRX} X_{MDRX} + (1 - X_{DRX})(1 - X_{MDRX}) d_0$
Activation energy for dynamic deformation	$Q_{DRX} = 3352 \frac{KJ}{mol}$
Gas constant	$R = 8.314 \frac{J}{K.mol}$

ρ_i : Final dislocation density of dynamic deformation

t : Deformation time (s)

t_{ip} : Inter pass time (s)

Note: SRX genome of X70 was calculated from the experimental results reposed by Tang et al. [33]

Using an integrated method contributing FEM and inverse analysis, the extracted stress – strain curve of hot compression test under various temperatures (850-1150 °C) and strain rate (0.001-1 s⁻¹) were evaluated to describe the material genome package for dynamic kinetics of material during rolling [29,30]. The calculated dynamic material genome of X70 is given in Table 2. This package introduces the constitutive model of dislocation density and flow stress and parameters of work hardening, dynamic recovery and dynamic recrystallization. In TMR process of X70, the roughing passes are performed in the temperature range of the austenite

recrystallization region. During TMR process, the austenite microstructure is faced with interaction effects of hardening and softening mechanisms [31]. So, the identification of material genome, including the constitutive equations of flow stress and microstructure features is necessary to modelling the TMR process.

Table 2 Dynamic material genome of X70.

Genome	Value/equation
Critical strain	$\varepsilon_c = 0.145 \left[\dot{\bar{\varepsilon}} \exp\left(\frac{35079}{T}\right) \right]^{0.025}$
Dynamic dislocation density equation (m^{-2})	$\begin{cases} \rho = \frac{c\dot{\bar{\varepsilon}}}{b}(1 - e^{-bt}) + \rho_0 e^{-bt} & (\bar{\varepsilon} \leq \varepsilon_c) \\ \rho = \rho_0 X_{DRX} + \rho^*(1 - X_{DRX}) & (\bar{\varepsilon} \geq \varepsilon_c) \end{cases}$
Dynamic recovery coefficient	$b = 273535 \dot{\bar{\varepsilon}}^{0.643} \exp\left(\frac{-11608}{T}\right)$
Work hardening coefficient	$c = 1.01 \times 10^{11}$
Initial austenite dislocation density [32]	$\rho_0 = 10^{12} m^{-2}$
Flow stress equation (Kgf/mm^{-2})	$\bar{\sigma} = 1.74 \times 10^{-3} \sqrt{\rho}$
DRX volume fraction	$X_{DRX} = 1 - \exp(-G(\bar{\varepsilon} - \varepsilon_c)^2)$
DRX rate	$G = 22.2 \dot{\bar{\varepsilon}}^{-0.14} \exp\left(\frac{-4061}{T}\right)$
DRX grain size	$d_{DRX} = 15.41 \dot{\bar{\varepsilon}}^{0.16} \exp\left(\frac{-6533}{T}\right)$
Avg. DRX grain size	$d_{DRX}^A = d_{DRX} X_{DRX} + (1 - X_{DRX}) d_0$
Initial austenite grain size (T=1373 K)	$d_0 = 75 \mu m$
ρ^* : Dislocation density critical strain	
t : Deformation time (s)	
T : Slab temp. (K)	

In addition to FEM, there are some analytical methods to analyze the TMR process, including stream function [16], upper bound [17], slab method [18], sine velocity field [19], cosine velocity field [20] and combinational models [21]. In comparison with FEM, the computational process of the mentioned analytical methods is fast. But the accuracy and performance of FEM have made this method as a widespread promoted method in metal forming analysis.

Generally, inhomogeneous property of rolled material and different physical condition of the upper and lower work roll such as rotational speed mismatch (speed ratio), unequal radius (diameter ratio), contact friction and positioning led to asymmetry condition in rolling process. Recently, the analysis of asymmetrical condition of rolling process has been subjected in industry to investigate the impressibility of rolled material characterization and rolling force and torque. Referring to some analytical studies presented by Salimi and Sasani [22], Salimi and Kadkhodaei [23] and Gudur et al. [24], it has been revealed that asymmetrical condition of rolls' mismatch reduces the rolling force and torque. Introducing an advanced analytical model of asymmetrical thermomechanical rolling (ATMR), Razani et al. [25] imposed the visco-plastic flow of material into the roll gap. Using analysis of variance (ANOVA), they evaluated the interaction effects of asymmetry parameters on the rolling force in an industrial scale.

Farhat-Nia et al. [26] studied the strain distribution of the asymmetry condition of friction and rolling speed using a 2D FEM based on Lagrangian–Eulerian (ALE) model. They found that the speed ratio is a suitable parameter to control the strip curvature index. Focusing the cross shear region (CSR), Tang et al. [27] found that the minimum achievable thickness of Q195 steel foil can be considerable reduced due to speed ratio in asymmetrical rolling. Wronski et al. [28] studied textures of symmetrically and asymmetrically rolled aluminum by coupled the FEM with Leffers-Wierzbanski (LW) model. In their research, the distribution of deformation was

subjected to evaluate the mechanical property and crystallographic texture. Therefore, the literature review indicates that the asymmetry condition can improve the rolling process.

Heretofore, various attempts have been published for simulation of TMR process of steel grades. However, there has not reported any comprehensive study of ATMR for pipeline micro alloy steel group, until now. The main aim of the present work is to introduce a new asymmetry parameter in ATMR mechanism. Based on thermos-visco-plastic behavior, a 2D ABAQUS/explicit FE model was developed for ATMR process of X70 micro alloy steel. Attempting to represent a comprehensive model, the material genome of X70 was identified through a subroutine VUMAT code. After the verification of the FE model by ATMR experiments, the distribution contours of deformed cross-section were monitored to evaluate the interaction effect of asymmetry parameters onto rolling force and deformation behavior of the rolled material. Using experimental tests, the effects of the asymmetry conditions of ATMR on mechanical property and microstructure of rolled plates were investigated.

2. ATMR modeling

2.1. Material genome package

2.1.1. Dynamic deformation (rolling)

The material used throughout this paper was API-5L X70 micro alloy steel producing for offshore pipeline. As indicated in Table 1, this micro alloy steel is consisted of micro alloy element (Nb, Ti and V) contributing with a low percentage of carbon and Sulphur. In order to acquisition the flow stress and microstructure property of X70, the experimental setups of hot compression test have been carried out at temperature range of roughing passes.

Table 1 Chemical compositions of studied X70 (wt.%).

C	Mn	Si	P	S	N	Al	Cr	Mo	Nb	Ti	V
0.08	1.27	0.39	0.012	0.001	0.0054	0.045	0.005	0.017	0.051	0.015	0.05

1. Introduction

The micro alloy steel pipeline is commonly in demand in the industries of the petroleum and natural gas transmission and pressure vessel manufacturing. Based on the standard of American pipeline institution (API), the micro alloy steel of X70 is a widely used grade to provide the required long-distance and large-diameter pipelines [1]. The high performance of X70 pipeline has assigned by a considerable capacity of offshore industry. The dislocation strengthening mechanism as an advanced technique for improvement the yield stress and ultra-fined grain microstructure of X70 can be obtained by the thermomechanical rolling (TMR) process [2].

Recently, TMR process has been widely used to produce wide plate of micro alloy steel, especially API- 5L pipeline steel grades. The management of pass schedule rolling in TMR is very complicated. Furthermore, keeping an under control condition of thermal-mechanical characters of the rolled slab, the evaluation of austenite microstructure kinetics is very considerable. The common microstructure features during the rolling are work hardening (WH), dynamic recovery (DRV), dynamic recrystallization (DRX), static recrystallization (SRX), dynamic recrystallization (DRX), meta-dynamic recrystallization (MDRX), strain induced precipitation (SIP) and grain growth (GG) [3]. During TMR process, the presence of complex carbonatite of mico alloy elements (Ti, Nb and V) in the chemical composition of X70 can restrict the interaction of these metallurgy features on the microstructure [4].

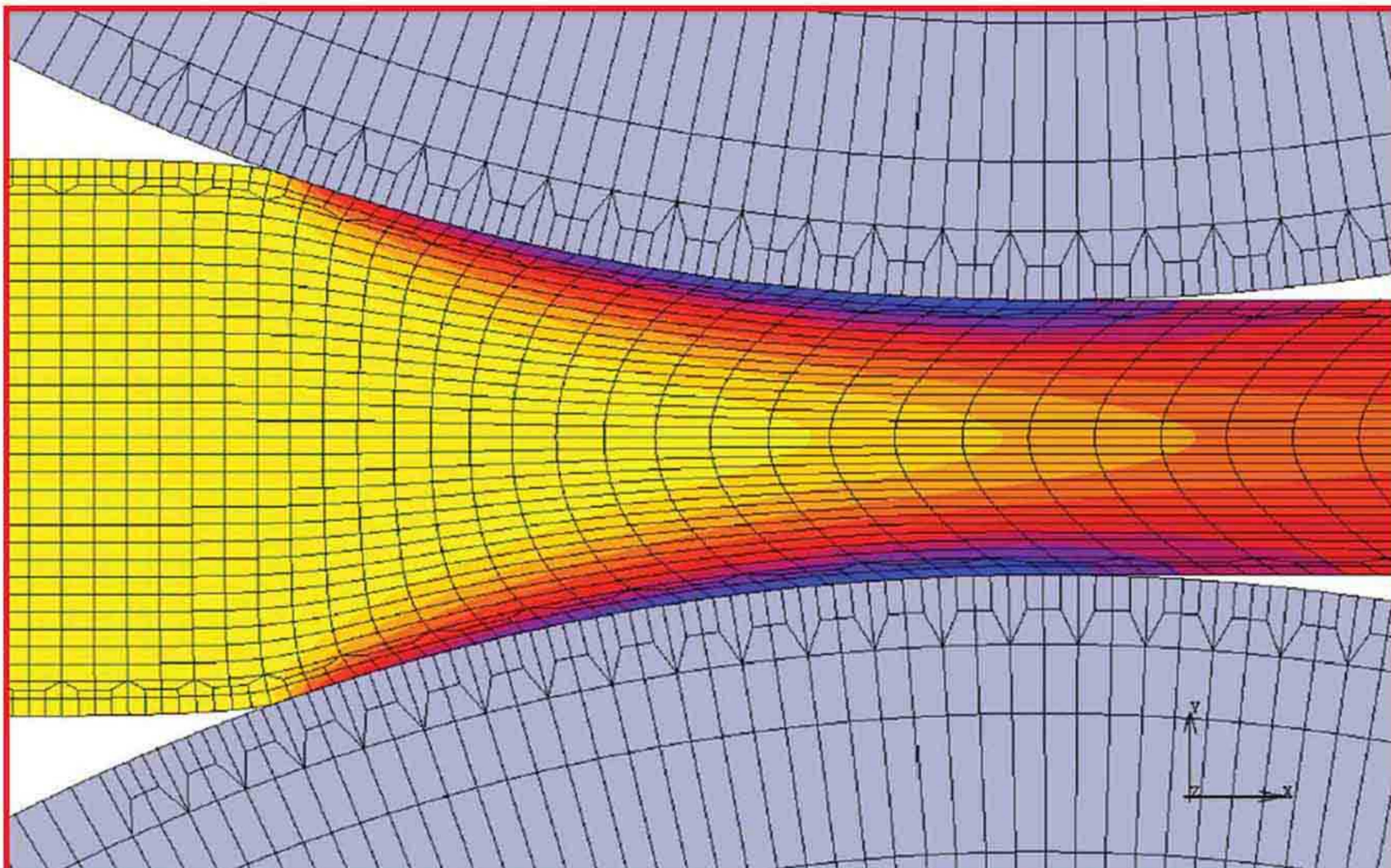
Finite-element method (FEM) as an applicable and flexible technique of numerical simulation has been widely used to evaluate the microstructure of the roll gap during TMR. Using a visco-plastic constitutive equation of for C-Mn steel, Liu and Lin [5] predicted the microstructure of material by FEM simulation during multi-pass rolling. Phaniraj et al. [6,7] presented an integrated 2D model of finite element contributing the rate dependent flow stress to evaluate of strain and strain rate distribution in thickness of the strip during the TMR finishing passes.

By implementing a rigid visco-plastic FEM with softening

and hardening mechanisms, Wang et al. [8] presented the distribution of mean grain size and equivalent strain of rolled low carbon steel SS400. Performing a coupled package of 2D FEM rigid plastic and neural network (NN) model for hot rolled plate of carbon steel, Zhang et al. [9] predicted the precision rolling force in an acceptable computational time.

The powerful performance and productivity of FEM have encouraged the researchers to simulate the microstructure of hot deformed micro alloy steel. For evaluation of X60 pipeline microstructure, Li et al. [3] performed a TMR coupled 3D FEM considering to the onset time of SIP after roughing passes. They attained to predict an appropriate inter pass time and rolling speed contributing the improved DRX and GS of austenite microstructure. Bianchi et al. [10] studied the effect of DRX, MDAR and micro alloy element on the rolling force of AHSS-Nb-Ti steel plate by 3D FEM. Nalawade et al. [11] investigated the phase distribution (ferrite and pearlite) and austenite grain size at the cross-section of 38MnVS6 steel during TMR process by modelling a 3D FEM using FORG software. Their modeling was successful in the thermal analysis but neglecting the effect of micro alloy elements on the generalized constitutive equations of material flow led to increase in rolling force estimated error.

In the last decade, aimed to modelling the real condition of hot deformation process, representation of user defined subroutine codes has developed the simulation of the TMR. By implementing the implicit 3D FEM simulation of TMR with user defined material of VUMAT subroutine code, Wang et al. [12,13] analyzed the phase transformation induced plasticity (TRIP) and residual stress of a rolled HP295 steel strip to monitor the thermal and plastic strain on the cooling bed. For multi-pass TMR of H-shape Q235 steel, Qingqiang et al. [14] calculated the rolling force by implementing explicit FE solver into VUMAT and considering the microstructure phenomenon during roughing passes. Based on Tvergaard-Needleman (GTN) damage model, Zhou et al. [15] studied the edge crack morphology of the hot rolled 17vol.%SiCp/2009Al composite by FEM. Using a VUMAT code, they proposed a rate dependent flow stress to simulate the formation procedure of edge crack.



Microstructure and mechanical property improvement of X70 in asymmetrical thermomechanical rolling

N. A. Razani¹, B. Mollaei Dariani^{1, *}, M. Soltanpour²

Abstract

Asymmetrical thermomechanical rolling (ATMR) process of API X70 micro alloy steel was investigated to evaluate of rolling force and distribution of material property in the roll gap. Applying a user-defined VUMAT subroutine, the equations of material flow and microstructure kinetics, as material genome package, were implemented into finite element (FE) solver of ABAQUS for simulation of X70 multi-pass rolling. A rough rolling schedule was carried out to verify the accuracy of the material genome by evaluation of the computed rolling force of FE model and experimental results. Considering the interaction of the asymmetrical parameters such as rolls speed ratio (VA), pass height (PH) and rolls diameter ratio, it was found that coinciding of the high level PH with high range of rolls speed ratio and diameter ratio lead to arise of the rolling force. Strain distribution of the roll gap indicated that an increase of the rolls speed ratio can improve the dislocation density and the strength of rolled material. The study of strain distribution contour in the length of slab thickness revealed that the homogeneity of deformation can be enhanced in the mechanism of asymmetrical rolling of micro alloy steel. Experimental test reveals that in asymmetry condition in TMR process of X70, increase of the speed ratio (1.02-1.05) in roughing passes leads to a considerable grain refinement and growth of yield strength and ultimate tensile strength of 3.12 and 2.05 percent of final plate structure, respectively.

Keywords: Asymmetrical thermomechanical rolling (ATMR); API X70 micro alloy steel; pass height (PH); Mechanical property; finite element method (FEM).

¹ Mechanical Engineering Department, Amirkabir University of Technology, 424 Hafez Ave, 15875-4413, Tehran, Iran.

² Faculty of Engineering and Technology, Imam Khomeini International University, Persian Gulf Ave, 3414916818, District 3, Qazvin, Iran.

* Corresponding author: Bijan Mollaei Dariani; Tel: +98-21-66405844; Fax: +98-21-66419736; E-mail: dariani@aut.ac.ir



34. Flower, H. M., and T. C. Lindley. "Electron backscattering diffraction study of acicular ferrite, bainite, and martensite steel microstructures." *Materials Science and Technology* 16, no. 1 (2000): 26-40.
35. Mohtadi-Bonab, M. A., M. Eskandari, and J. A. Szpunar. "Texture, local misorientation, grain boundary and recrystallization fraction in pipeline steels related to hydrogen induced cracking." *Materials Science and Engineering: A* 620 (2015): 97-106.
36. Lu, Zhanpeng, Tetsuo Shoji, Fanjiang Meng, Yubing Qiu, Tichun Dan, and He Xue. "Effects of water chemistry and loading conditions on stress corrosion cracking of cold-rolled 316NG stainless steel in high temperature water." *Corrosion Science* 53, no. 1 (2011): 247-262.
37. Lu, Zhanpeng, Tetsuo Shoji, Fanjiang Meng, He Xue, Yubing Qiu, Yoichi Takeda, and Koji Negishi. "Characterization of microstructure and local deformation in 316NG weld heat-affected zone and stress corrosion cracking in high temperature water." *Corrosion Science* 53, no. 5 (2011): 1916-1932.
38. Xiao, Fu-Ren, Bo Liao, Yi-Yin Shan, Gui-Ying Qiao, Yong Zhong, Chunling Zhang, and Ke Yang. "Challenge of mechanical properties of an acicular ferrite pipeline steel." *Materials Science and Engineering: A* 431, no. 1 (2006): 41-52.
39. Collins, L. E., M. J. Godden, and J. D. Boyd. "Microstructures of linepipe steels." *Canadian Metallurgical Quarterly* 22, no. 2 (1983): 169-179.
40. Zhao, M-C., Y-Y. Shan, F-R. Xiao, and K. Yang. "Acicular ferrite formation during hot plate rolling for pipeline steels." *Materials science and technology* 19, no. 3 (2003): 355-359.
41. Kim, Young M., Sung K. Kim, Yeo Jong Lim, and Nack J. Kim. "Effect of microstructure on the yield ratio and low temperature toughness of linepipe steels." *ISIJ international* 42, no. 12 (2002): 1571-1577.

mination and prediction of the inherited ferrite texture in a HSLA steel produced by compact strip production." *Materials Science and Engineering: A* 303, no. 1 (2001): 60-69.

16. Wang, Hai Yan, Hui Ping Ren, Le Han, Zi Li Jin, and Hao Sun. "Microstructure and Texture Comparison of an Acicular Ferrite Pipeline Steel with Different Hot Rolling Process." In *Advanced Materials Research*, vol. 399, pp. 264-267. Trans Tech Publications, 2012.

17. Venegas, V., F. Caleyó, T. Baudin, Jose Hiram Espina-Hernandez, and J. M. Hallen. "On the role of crystallographic texture in mitigating hydrogen-induced cracking in pipeline steels." *Corrosion Science* 53, no. 12 (2011): 4204-4212.

18. Guo, Wei-Min, Zuo-Cheng Wang, L. I. U. Sheng, and Xie-Bin Wang. "Effects of finish rolling temperature on microstructure and mechanical properties of ferritic-rolled P-added high strength interstitial-free steel sheets." *Journal of Iron and Steel Research, International* 18, no. 5 (2011): 42-46.

19. Characterisation of microstructural evolution during deformation-enhanced ferrite transformation in Nb-microalloyed HSLA steel.

20. Capdevila, Carlos, V. Amigo, F. G. Caballero, C. García de Andrés, and M. D. Salvador. "Influence of microalloying elements on recrystallization texture of warm-rolled interstitial free steels." *Materials transactions* 51, no. 4 (2010): 625-634.

21. Masoumi, Mohammad, Luis Flavio Gaspar Herculano, and Hamilton Ferreira Gomes de Abreu. "Study of texture and microstructure evaluation of steel API 5L X70 under various thermomechanical cycles." *Materials Science and Engineering: A* 639 (2015): 550-558.

22. Venegas, V., F. Caleyó, T. Baudin, Jose Hiram Espina-Hernandez, and J. M. Hallen. "On the role of crystallographic texture in mitigating hydrogen-induced cracking in pipeline steels." *Corrosion Science* 53, no. 12 (2011): 4204-4212.

23. Arafin, M. A., and J. A. Szpunar. "A new understanding of intergranular stress corrosion cracking resistance of pipeline steel through grain

boundary character and crystallographic texture studies." *Corrosion Science* 51, no. 1 (2009): 119-128.

24. Add

25. Irving, William R. "Continuous casting of steel." The Institute of Materials (UK), 1993, (1993): 216.

26. Pickering, E. J., and M. Holland. "Detection of macrosegregation in a large metallic specimen using XRF." *Iron making & steel making* 41, no. 7 (2014): 493-499.

27. Mizukami, Hideo, Koutarou Hayashi, Mitsuhiro Numata, and Akihiro Yamanaka. "Prediction of solid-liquid interfacial energy of steel during solidification and control of dendrite arm spacing." *ISIJ international* 52, no. 12 (2012): 2235-2244.

28. Tasan, C. C., J. P. M. Hoefnagels, and M. G. D. Geers. "Microstructural banding effects clarified through micrographic digital image correlation." *Scripta Materialia* 62, no. 11 (2010): 835-838.

29. Korda, Akhmad A., Y. Mutoh, Y. Miyashita, T. Sadasue, and S. L. Mannan. "In situ observation of fatigue crack retardation in banded ferrite-pearlite microstructure due to crack branching." *Scripta Materialia* 54, no. 11 (2006): 1835-1840.

30. Hejazi, D., A. J. Haq, N. Yazdipour, D. P. Dunne, A. Calka, F. Barbaro, and E. V. Pereloma. "Effect of manganese content and microstructure on the susceptibility of X70 pipeline steel to hydrogen cracking." *Materials Science and Engineering: A* 551 (2012): 40-49.

31. Mohtadi-Bonab, M. A., J. A. Szpunar, and S. S. Razavi-Tousi. "Hydrogen induced cracking susceptibility in different layers of a hot rolled X70 pipeline steel." *International Journal of Hydrogen Energy* 38, no. 31 (2013): 13831-13841.

32. Eskandari, M., M. A. Mohtadi-Bonab, and J. A. Szpunar. "Evolution of the microstructure and texture of X70 pipeline steel during cold-rolling and annealing treatments." *Materials & Design* 90 (2016): 618-627.

33. Badji, Riad, T. Chauveau, and B. Bacroix. "Texture, misorientation and mechanical anisotropy in a deformed dual phase stainless steel weld joint." *Materials Science and Engineering: A* 575 (2013): 94-103.

The finish rolling temperature play a key role in the development of the microstructure and influenced mechanical properties of API X70 steel. It was found that after accelerated cooling, the fast cooling rate and low temperature interruption allows the formation of more bainite which in turn increased the tensile strength of the steel.

5. References

1. Lee, W. B., S. G. Hong, C. G. Park, K. H. Kim, and S. H. Park. "Influence of Mo on precipitation hardening in hot rolled HSLA steels containing Nb." *Scripta Materialia* 43, no. 4 (2000): 319-324.
2. Sun, Weihua, Cheng Lu, A. Kiet Tieu, Zhengyi Jiang, Xianghua Liu, and Guodong Wang. "Influence of Nb, V and Ti on peak strain of deformed austenite in Mo-based micro-alloyed steels." *Journal of materials processing technology* 125 (2002): 72-76.
3. Xiao, Fu-Ren, Bo Liao, Yi-Yin Shan, Gui-Ying Qiao, Yong Zhong, Chunling Zhang, and Ke Yang. "Challenge of mechanical properties of an acicular ferrite pipeline steel." *Materials Science and Engineering: A* 431, no. 1 (2006): 41-52.
4. Liu, Jian-hua, Hua-jie Wu, Yan-ping Bao, and Min Wang. "Inclusion variations and calcium treatment optimization in pipeline steel production." *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials* 18, no. 5 (2011): 527-534.
5. Sun, Jun, and J. D. Boyd. "Effect of thermomechanical processing on anisotropy of cleavage fracture stress in microalloyed linepipe steel." *International Journal of Pressure vessels and piping* 77, no. 7 (2000): 369-377.
6. Nafisi, S., M. A. Arafin, L. Collins, and J. Szpunar. "Texture and mechanical properties of API X100 steel manufactured under various thermomechanical cycles." *Materials Science and Engineering: A* 531 (2012): 2-11.
7. Cui, Z. O. N. G., Guo-hui ZHU, and Wei-min MAO. "Effect of crystallographic texture on anisotropy of yield strength in X100 pipeline steel." *Journal of Iron and Steel Research, International* 20, no. 8 (2013): 66-71.
8. Park, Y. B., D. N. Lee, and G. Gottstein. "Effect of hot rolling condition on the development of textures in ultra low carbon steel." *Journal of materials processing technology* 45, no. 1-4 (1994): 471-476.
9. Yu, Hao, Yonglin Kang, Zhengzhi Zhao, Xin Wang, and Libin Chen. "Microstructural characteristics and texture of hot strip low carbon steel produced by flexible thin slab rolling with warm rolling technology." *Materials characterization* 56, no. 2 (2006): 158-164.
10. Park, Y. B., D. N. Lee, and G. Gottstein. "Development of texture inhomogeneity during hot rolling in interstitial free steel." *Acta materialia* 44, no. 8 (1996): 3421-3427.
11. Mohtadi-Bonab, M. A., J. A. Szpunar, and S. S. Razavi-Tousi. "Hydrogen induced cracking susceptibility in different layers of a hot rolled X70 pipeline steel." *International Journal of Hydrogen Energy* 38, no. 31 (2013): 13831-13841.
12. Joo, M. S., D-W. Suh, J. H. Bae, N. Sanchez Mourino, Roumen Petrov, L. A. I. Kestens, and H. K. D. H. Bhadeshia. "Experiments to separate the effect of texture on anisotropy of pipeline steel." *Materials Science and Engineering: A* 556 (2012): 601-606.
13. Pyshmintsev, Igor, Alexey Gervasyev, Roumen H. Petrov, Victor Carretero Olalla, and Leo Kestens. "Crystallographic texture as a factor enabling ductile fracture arrest in high strength pipeline steel." In *Materials Science Forum*, vol. 702, pp. 770-773. Trans Tech Publications, 2012.
14. Petrov, Roumen H., Orlando León García, Nuria Sánchez Mouriño, Leo Kestens, Jin Ho Bae, and Ki Bong Kang. "Microstructure-texture related toughness anisotropy of API-X80 pipeline steel characterized by means of 3D-EBSD technique." In *Materials Science Forum*, vol. 558, pp. 1429-1434. Trans Tech Publications, 2007.
15. Gardiola, B., Michel Humbert, Claude Esling, G. Flemming, and K. E. Hensger. "Deter

13c and d show the inverse pole figures for the surface and mid thickness for WD specimen, respectively. Figs. 13a and b show the texture inhomogeneity in sample WE. Figure 10a indicates that most of the grains at the surface are oriented towards $\{110\}||ND$ while the mid thickness has grains mostly oriented in the $\{001\}||ND$ with a spread towards the $\{111\}||ND$ (Fig. 13b). Similar texture inhomogeneity can be seen for WD specimen. As shown in Fig. 11c, most of the grains at the surface are oriented towards $\{110\}||ND$. However, presence of $\{111\}$ orientation grains can also be observed. The mid thickness of WD (Fig.13d) is characterized by grains having a spread towards all three directions. However, $\{001\}||ND$ and $\{111\}||ND$ seems to be the most preferable orientation of the three orientations. The texture inhomogeneity observed is because of shear and tensile strain resulting from the process.

3.5. Mechanical properties

Figure 14 shows the room temperature tensile stress-strain curves of WE and WD. It is expected that line pipe intended for such application meet the minimum yield and tensile strength criteria for X70 (483MPa and 565MPa, respectively). From the curves, it can be seen that both WE and WD have yield strength above the minimum criteria for X70. The tensile strength of WD is seen to be higher than that of WE (~100MPa). However, the elongation for WD is seen to be less than that of WE while WD has higher yield stress. The difference in strength can be attributed to microstructural variations in terms of its grain size, ferrite phases present as well as crystallographic texture. First, previous research show that controlled rolling and accelerated cooling of X70 pipelines produces acicular ferrite, polygonal ferrite, quasi-polygonal ferrite, granular bainitic ferrite, bainitic ferrite, and martensite [38-40]. In this case, though both plates were hot rolled at a relatively

similar temperature, the fast cooling and low temperature interruption experienced by WD specimen allow the formation of more bainite. Again, variation in the mechanical properties of WE and WD could be influenced by the difference in grain size. As shown previously in Figs. 3 and 5, the grain size for WD appears to be smaller compared to WE. Based on these results, we may well conclude that the applications of different cooling rates resulted in the formation of different amounts of bainite and acicular ferrite in the final microstructures in WE and WD and, hence their different responses on yield strength [41].

4. Conclusions

The microstructure of both WE and WD is not homogenous and consist of polygonal ferrite, bainite, coarse and fine acicular ferrite grains. The presence of fine acicular ferrite and bainite is more pronounced in WD specimen which could be attributed to the fast cooling rate.

EBSD images of the microstructural evolution confirm that dynamic recovery and partial recrystallization occurred during hot rolling, however further annealing is required for a more homogenous equiaxed grain structure.

Macro-texture result obtained by X-ray measurement show that the main texture components in the hot rolled steels are Cube, Goss, Brass, S, Copper, R cube and $\{331\}<1-10>$ possibly because the difference between the finish rolling temperatures is quite small. However the volume fraction of each fibre texture were seen to be different.

The development of texture inhomogeneity during hot rolling were observed for the different processing parameters. The grains at the surface are oriented towards $\{110\}||ND$ while the mid thickness has grains mostly oriented in the $\{001\}||ND$ with a spread towards the $\{111\}||ND$.

analysis was done in a prior austenite grain with a large grain size. On a contrary, our observation shows the presence of boundaries of misorientations between 20-47°. According to Gourges et. al. [34], this observation is only possible when the ferrite plates formed from different austenite grains are in contact with each other. In addition, in-grain misorientation distribution for WE and WD is shown in Figs. 9a and b, respectively. It can be seen the misorientation is maximum at 0.5° for WE while WD is maximum at approximately 0.8°. In comparison, a shift in the distribution towards the higher local misorientations is more for WD. This indicates a higher residual strain or stored energy requiring further annealing for more homogenous microstructure due to recrystallization. This result is also in agreement with that presented in the map (fig. 7). It has been previously reported that areas with high degree of KAM are preferential paths for stress corrosion cracking [35-37].

3.3. Macro-texture analysis

Figure 10 shows the orientation distribution functions (ODFs) calculated from X-ray diffraction pole figures of the specimens at mid thickness for specimen WE and WD. Figure 10a shows that WE has a relatively weaker texture compared to WD. However, it can be seen that the texture components for both specimens are relatively similar. It Comprise of Cube, Goss, Brass, S, Copper, R cube and $\{331\}\langle 1-10 \rangle$. This may be due to the fact that the difference between finish rolling temperatures for both steels was not sufficient enough to cause or initiate any significant change. The volume fraction of each texture component is depicted in Fig. 11. It must be noted that despite the fact that no new texture component was introduced from the process, the volume fractions of the texture components are different. The plots shows that the volume fraction of the Goss, S, Copper and R cube texture component is higher in sample WD than WE while the Cube, Brass and $\{331\}\langle 1-10 \rangle$ texture component has

a high volume fraction in WE than WD. With regards to the texture components observed, it is generally expected that during austenite rolling, the crystallographic texture developed in the austenite phase is inherited upon transformation by the ferrite. It is known that for a complete recrystallization of the austenite, the cube $\{001\}\langle 100 \rangle$ texture is transformed primarily into rotated cube $\{001\}\langle 110 \rangle$ in the ferrite while texture containing the brass $\{110\}\langle 112 \rangle$, copper $\{112\}\langle 111 \rangle$, and S $\{123\}\langle 634 \rangle$ components, together with a Goss $\{110\}\langle 001 \rangle$ will be developed if the austenite is not able to fully recrystallize during or after rolling. From Figs. 10 and 11, we may conclude that during or after the rolling, the austenite in this region is not able to fully recrystallize as a result, $\{110\}\langle 112 \rangle$, $\{112\}\langle 111 \rangle$ and $\{110\}\langle 001 \rangle$ was observed. From the ODF's for WD, the rotated cube $\{001\}\langle 110 \rangle$ and $\{111\}\langle 1-10 \rangle$ intensity is relatively high. However, there is a spread of $\{111\}\langle 1-10 \rangle$ towards $\{332\}\langle 1-10 \rangle$ and $\{331\}\langle 1-10 \rangle$. In the Fig. 10b the intensity of the $\{331\}\langle 1-10 \rangle$ is noticeably high (3.81) and shows a spread towards $\{332\}\langle 1-33 \rangle$ with an intensity of 2.4 in WE. In comparison, the macro-textural changes that occurred in WE and WD including Beta and Epsilon are illustrated in Fig. 12. As shown in Fig. 12a, the intensities of the brass $\{110\}\langle 112 \rangle$ and S $\{123\}\langle 634 \rangle$ components are higher in WE than WD. While the intensity of the copper $\{112\}\langle 111 \rangle$ component is higher in WD compare to WE. Figure 12b depicts the epsilon (ϵ) fiber plot. The intensities of all texture components are highest in WD compared with WE. As shown in the ODF and plot, the intensity of the rotated cube $\{001\}\langle 110 \rangle$ component is significantly high. This shows the presence of some of the austenite cube grains as result of partial recrystallization after the rolling operation.

3.4. Macro-textural changes through thickness

Figures 13a and b represent the inverse pole figure for the surface and mid thickness for WE specimen while Figs.

scale of micrometres [25-27]. Segregation in pipeline steels for sour service application is undesirable as the chemical variations can lead to varying microstructural and mechanical properties capable of causing failure [28-29]. In order to investigate the variation in composition around the segregation centre line, EDS scan was conducted. Figure 4 shows the EDS map around the segregation center line for WE. The EDS map of the area shows that the segregation line is comprised mainly of manganese (Mn) and this observation is the same for WD. Previous research shows that region with a high concentration of Mn elements, has a tendency for high hydrogen uptake and crack initiation [30]. While it is expected to see a stringer of other elements like sulphur and silicon around the segregation line [30, 31]. It should be mentioned that our current observation did not reveal the presence of other elements in this area.

3.2. Micro-texture analysis

The EBSD map obtained from the WE and WD specimens are shown in Figs. 5a and 5b, respectively. The black lines are grain boundaries having misorientation greater than 15° . The morphology and texture of grains are different in both specimens. The structure is inhomogeneous (in terms of grain size and grain shape). This issue is more severe for WD specimen. The elongated and equiaxed grains seen in both samples are due to the relatively high stacking fault energy (SFE) resulting in both dynamic recovery as well as recrystallization during the thermo-mechanical processing [32].

Crystallographic orientation of grains (equiaxed and elongated) are mainly towards $\langle 001 \rangle$ and $\langle 111 \rangle \parallel \text{ND}$ in WE specimen, while grains in WD specimen are mainly orientated in the $\langle 110 \rangle$ and $\langle 111 \rangle \parallel \text{ND}$.

The effect of TMCP routes for WE and WD on recrystallization is shown in Fig. 6. Figures 6a and 6b show the EBSD recrystallization, substructure and deformed fraction map obtained from the

WE and WD specimens, respectively. As is seen in this figure, difference in stored energy in materials is linked to different fractions of recrystallization. Figure 6a shows that both recrystallization and recovery occurred in most of the ferrite grains due to the thermo-mechanical processing. It can be seen that smaller recrystallized grains are obtained for WD sample while the recrystallization texture (small equiaxed grains) for WE is random. Deformation structure can also be seen in both samples illustrating that some of these deformed grains during hot rolling were not completely recrystallized (or dynamic recovery was dominant). Further annealing is required to get more homogeneous structure as results of recrystallization. The kernel average misorientation (KAM) maps for sample WE and WD are shown in Figs. 7a and 7b, respectively. KAM is used to represent the misorientation (average) between a given point and its nearest neighbors which belongs to the same grain [33]. It is an indirect measure of dislocation density and, as a result, can be used to assess the local plastic strain developed in the steel during the process of rolling. It can be seen that the dislocation accumulation is more pronounced in WD. Higher KAM and elongated grains for WD means higher stored energy which is expect to need further annealing treatment. The crystallographic features due to the hot rolling were examined and showed in Fig. 8. Figures 8a and b show the distribution of grain boundary misorientation in WE and WD, respectively. As shown, grain boundaries distribution in both specimens displays a bimodal structure. The distribution is not homogenous in both WE and WD. However, the inhomogeneity is more severe for WD specimen. The boundary statistic for WE is almost entirely bimodal whereas WD tend to be skewed towards misorientations in the range $7-20^\circ$. Nafisi et. al. [6] previously reported the absence of misorientations between $20-47^\circ$ in hot rolled X100 pipeline steel. He stated that this observation was a consequence of the austenite to ferrite transformation and the fact that the data

2. Experimental procedure

In this work, all experiments were carried out on API X70 pipeline steel. The chemical composition of the X70 steel is shown in Table 1.

Two different thermo-mechanical treatments (WE and WD), shown in Fig. 1, were applied. The plates were reheated at 1250 °C for 8 h and then rolled in two stages; rough rolling (from 203mm to 23mm) and finish rolling (from 203mm to 9mm) followed by accelerated and slow cooling to simulate the coiling process. The rough rolling for both WE and WD was started at about 1125 °C and finished at 1010 °C in nine passes. For specimen WE, finish rolling was started at 850°C and finished at 805°C in four passes and cooled in air from 805°C to 780°C in 10 seconds in air followed by accelerated cooling from 780°C to 609°C in 4 seconds (42.75C/s). Similarly, finish rolling for specimen WD started at 880°C and finished at 815°C in four passes and cooled in air from 805°C to 780°C in 12 seconds in air followed by accelerated cooling from 750°C to 544°C in 4 seconds (51.5C/s). Final cooling and coiling for WE and WD were carried out at 609°C-584°C and 544°C-500°C, respectively. Final thickness after rough and finish rolling is 9mm. Samples for mechanical tensile testing were cut from each specimen according to standard of ISO. The strain rate for the tensile experiment was 0.000787/s.

Metallographic preparation of the samples involved a pre-grinding using 320 and 800 SiC grit emery papers, followed by a fine grinding using 9 µm MD-Largo, 3 µm MD-Mol and 1 µm MD-Nap supplied by Struers. Etching was done using the standard 2% Nital (2vol% nitric acid and 98vol% alcohol) solution for 15 sec. A Nikon MA100 inverted OM and SU6600 Hitachi field emission SEM operated at an acceleration voltage of 30 kV was used for microstructural analysis. Micro-texture evaluation was conducted using the EBSD technique. SEM equipped with a NordlysNano Oxford detector with an angular resolution of 0.1°, was used to collect EBSD patterns. EBSD patterns with a binning of 8 × 8 pixels were acquired by AZTEC 2.0 data acquisition software. Channel 5-Oxford Instruments software was used for the post processing of the collected EBSD patterns. Macro-texture evaluation of the specimens

was conducted using Bruker D8 advance diffractometer with an area detector system and Cr K radiation. For orientation distribution function (ODF) calculations, we used three pole figures for BCC ferrite $\{110\}$, $\{200\}$. We further treated these measured pole figures with Resmat TexTools to calculate the ODFs and inverse pole figures.

3. Results and discussion

3.1. Microstructural study

The room temperature micrographs of WE and WD specimens at the mid thickness of plate after finishing rolling are shown in Figs. 2a and 2b, respectively. The microstructure of both WE and WD is not homogenous and consist of polygonal ferrite, bainite, coarse and fine acicular ferrite grains. The presence of fine acicular ferrite and bainite is more pronounced in WD specimen which could be attributed to the fast cooling rate.

Figures 3(a) and (b) show the micrographs for WE and WD specimens after finishing rolling, respectively. Segregation at the centre line can be observed for both WE and WD. Figures 3(c) and 3(d) show a higher magnification of the segregation zone. This feature appears to be more severe in WD plate. In comparison with WD, the segregated areas in WE are more diffused. The severity of the centre line segregation has been related to the strength level of steel by Mohtadi et. al. [24]. The authors suggested that as strength level increases due to rolling conditions, it will lead to an increased segregation of alloy content at the mid-thickness of the plate. Regardless of the processing route for WE and WD, the segregation line traverse through the centre and parallel to the rolling direction. During solidification, diffusion is affected by temperature. The mobility of atoms during the solidification of phases is affected. As the material cools, it cools the outside wall to the core of the metal, allowing for mobility to be increased towards the center of the plate since the diffusion rate is a function of temperature. In the process, solute is partitioned between the solid and liquid to either enrich or deplete interdendritic regions leading to variations in composition on the

1. Introduction

Various techniques have been adopted in improving the mechanical properties of pipeline steels. Some of these include hardness and microstructure controls, as well as modifying the morphology of inclusions [1-4]. Texture control through various thermo-mechanical cycles is a plausible means of producing pipeline steels for enhanced mechanical performance. This is because certain texture components are found to be beneficial to both yield strength and anisotropy of mechanical properties [5-7]. Reports show that the development of crystallographic texture and microstructure in steels can be influenced by thermo-mechanical control rolling parameters [8-10]. These parameters include and not limited to finish rolling temperature, soaking temperature, amount of deformation, and rate of cooling rolled plate. In a study of texture and microstructure of API 5L X100 pipeline steel, Nafisi et al [6] observed the development of $\{100\}\langle 110\rangle$, $\{113\}\langle 110\rangle$ and $\{332\}\langle 113\rangle$ texture via different thermo-mechanical paths. In another study, Mohtadi-Bonab et. al. [11] showed that $\{111\}\parallel ND$, $\{112\}\parallel ND$ and $\{110\}\parallel ND$ texture were developed at the near surface planes of an API 5L X70 pipeline steel manufactured using different thermo-mechanical treatments.

During thermomechanical treatment, hot and warm and rolling is achieved by reducing the temperature of the entire process from 1250-850°C to approximately 1100-700°C. As a result, hot or warm rolling has been employed for various conditions in alloyed steels. Researchers have discussed the effects of hot rolling processes above and below the non-recrystallization temperature [12-14]. Rolling steel below recrystallization temperature give rise to austenite with deformation bands and high density grain boundaries, resulting in grain refinement and transformation of austenite to ferrite phase on cooling while hot rolling within the non-recrystallization region help control texture in hot rolled steel strip and reduce anisotropy of tensile properties [15-16].

Different researches have been done on the development of texture in low carbon steel using hot and warm rolling technology [6, 8-10]. Venegas et. al. [17] reported a

near-random crystallographic texture in a hot rolled low carbon pipeline steel, whereas warm rolling was found to enhance the intensity of $\{111\}\parallel ND$ texture fiber and impact larger amount of strain and high fiber strength. In another study, 30 mm thick steels were warm rolled, austenized at 1050 °C and finished rolled at 560°C, 620°C and 640°C [18]. The authors observed that lower finish rolling temperature led to enhanced mechanical properties, more homogeneous annealed microstructure and the development of $\{111\}\parallel ND$ texture. It is worth noting that researchers have employed micro alloying elements for texture control [19-20]. Elements like Niobium, Titanium and Vanadium were reported to pin down grain boundaries, hence serve as stabilizing agents during thermo-mechanical treatment of hot rolled steel. Conclusions from the references above show that the elements influence recrystallization, grain growth, austenite-ferrite transformation. And as a result can be used in crystallographic texture control in pipeline steel. Crystallographic texture as a means of improving pipeline steel resistance to hydrogen induced cracking has become a subject of investigation [21-23]. Findings show that $\{112\}\parallel ND$, $\{111\}\parallel ND$ and $\{011\}\parallel ND$ fiber textured grains are less susceptible to HIC. While $\{001\}\parallel ND$ grains may increase HIC susceptibility by providing a low resistant cleavage path. These observations validate the assertion that the resistance of low carbon pipeline steels to severe service conditions can be improved by controlling crystallographic texture and grain boundary characteristics through different thermo-mechanical treatments.

To the best of authors knowledge, the influence of different thermo-mechanical routes on an industrially-manufactured pipeline steels for oil and gas transportation has not been well studied. The present work is aimed to determine the effect of different thermo-mechanical treatments on an industrial API X70 pipeline steel. Electron backscattered diffraction and X-ray diffractometry techniques were used to analyze the micro and macro-textural evolution during the different TMCP.



Microstructure, texture evolution and mechanical properties of X70 pipeline steel after different thermomechanical treatments

J. I. Omale¹, E.G.Ohaeri, A.A. Tiamiyu¹, M. Eskandari², J.A. Szpunar¹

Abstract

The evolution of microstructure, texture and mechanical properties of API X70 pipeline steel after different thermomechanical treatments has been studied using a combination of X-ray diffraction and electron backscatter diffraction (EBSD). Our investigations revealed that different microstructure consisting of polygonal ferrite, bainite, coarse and fine acicular ferrite grains was obtained with a centre line segregation traversing through and parallel to the rolling direction. EBSD investigations confirmed that both dynamic recovery and partial recrystallization occurred during hot rolling requiring further annealing for a more homogenous equiaxed grain structure. X-ray macro-texture measurement showed relatively a random texture components comprising of Cube, Goss, Brass, S, Copper, R cube and $\{331\}\langle 1-10 \rangle$. Texture inhomogeneity during hot rolling were observed for the different processing parameters. The grains at the surface are oriented towards $\{110\}\|ND$ while the mid thickness has grains mostly oriented in the $\{001\}\|ND$ with a spread towards the $\{111\}\|ND$. We observed that after accelerated cooling, the fast cooling rate and low temperature interruption allows the formation of more bainite which in turn increased the tensile strength of the steel.

Keywords: Texture; EBSD; Recrystallization; Misorientation; Pipeline steel

1- Department of Mechanical Engineering, University of Saskatchewan, S7N 5A9 Saskatoon, Saskatchewan, Canada

2 - Department of Materials Science & Engineering, Faculty of Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

دستورالعمل تهیه مقاله برای فصلنامه تخصصی نورد فولاد

است. لطفاً مقالات خود را بصورت کامل و طبق دستورالعمل زیر تهیه و فایل Word آن را به ایمیل نشریه ارسال فرمایید.

- ۱- عنوان مقاله: مختصر و بیانگر محتوای مقاله باشد.
- ۲- ذکر نام نویسندگان (مترجمین) به ترتیبی که مایلند در نشریه چاپ گردد به انضمام وابستگی نویسندگان (محل کار/محل تحصیل) و آدرس پست الکترونیک.
- ۳- چکیده و کلمات کلیدی
- ۴- مقدمه، مواد و روش آزمایشها، نتایج و بحث، نتیجه گیری و مراجع

- ۵- جداول و نمودارها با سطر بندی و ستون بندی مناسب ترسیم شده و در مورد جداول شماره و شرح آن در بالا و در مورد اشکال در زیر آن درج گردد. واحدهای سیستم بین المللی (SI) برای واحدها در نظر گرفته شود.
- ۶- تصاویر و عکسها: تصاویر و عکسها باید از وضوح خوبی برخوردار باشند.

- ۷- واژه ها و پی نوشت ها: بالای واژه های متن مقاله شماره گذاری شده و اصل لاتین واژه با همان شماره در پایین صفحه و بصورت پاورقی درج شود.

- ۸- منابع و مراجع: در متن مقاله شماره مراجع در داخل کروشه [] آورده شود و با همان ترتیب شماره گذاری شده مرتب گردیده و در انتهای مقاله آورده شوند. مراجع فارسی از سمت راست و مراجع لاتین از سمت چپ نوشته شوند. در فهرست مراجع درج نام مولفان یا مترجمان، عنوان مقاله، نام نشریه، شماره جلد، صفحه و سال انتشار ضروری است.

سایر نکات مهم

- ۱- مسیولیت درستی و صحت مطالب، ارقام، نمودارها و عکسها بر عهده نویسندگان/مترجمان مقاله است.
- ۲- مقالات پس از داوری توسط هیات تحریریه منتشر خواهند شد.
- ۳- مقالات ارسالی به دفتر فصلنامه پس از طی مراحل داوری مسترد نمی شود.
- ۴- تعداد صفحات مقالات نباید از ۱۰ صفحه تجاوز نماید.
- ۵- فونت قلم متن فارسی مقالات باید W_Nazanin bold و اندازه آن ۱۰/۵ باشد. فونت قلم متن انگلیسی باید Times New Roman و اندازه آن ۹/۵ باشد.

فصلنامه تخصصی نورد فولاد با هدف انتشار یافته های نوین علمی - پژوهشی در جهت ارتقاء سطح دانش در حوزه صنعت نورد فولاد و صنایع وابسته، منتشر می گردد.

لذا از کلیه محققان و پژوهشگران فعال در عرصه مطالعات و پژوهش های مرتبط با فرآیند نورد فولاد دعوت می شود، مقالات خود را حول محورهای ذیل در قالب نسخه الکترونیکی و از طریق پست الکترونیکی rollingjournal@oxinsteel.ir ارسال نمایند. رعایت موازین ادبی و سلاست متن پیش نیاز بررسی علمی مقاله است.

محورهای پذیرش مقالات

- ۱- متالورژی نورد گرم و سرد فولادها (اعم از نورد محصولات تخت و نورد مقاطع)
- ۲- عملیات ترمومکانیکی فولادها
- ۳- شبیه سازی و مدل سازی فرآیند نورد
- ۴- کوره های پیش گرم نورد (اکسیداسیون محصولات و پوسته زدایی)
- ۵- تکنولوژی ساخت، فرآیندهای ترمیم و عیوب غلتک های نورد
- ۶- عملیات حرارتی محصولات نورد
- ۷- تکنولوژی های نوین در صنعت نورد
- ۸- تعمیر، نگهداری و بومی سازی تجهیزات نورد
- ۹- کنترل، اندازه گیری و اتوماسیون فرآیند نورد
- ۱۰- تولید مواد اولیه نورد (بلوم، بیلت و تختال)
- ۱۱- مدیریت دانش در صنعت نورد
- ۱۲- HSE در صنعت نورد
- ۱۳- بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت نورد
- ۱۴- برنامه ریزی، سیاستگذاری و مدیریت در حوزه صنعت نورد

- ۱۵- اهمیت و نقش آب و تاسیسات جانبی در صنعت نورد
- ۱۶- فرآیند لوله سازی لوله های نفت و گاز

راهنمای تهیه مقاله

مقالات می توانند در یکی از بخش های زیر تهیه شوند:

- ۱- تحقیقی - پژوهشی
 - ۲- مروری
 - ۳- ترجمه
 - ۴- فنی (مطالعات موردی)
- در مورد مقالات ترجمه شده ارسال اصل مقاله ضروری

محصول ورق عریض فولادی 42CrMo4 شرکت فولاد اکسین خوزستان
به عنوان محصول برتر تحقیق و توسعه هفتمین جشنواره پژوهش و فناوری
وزارت صنعت، معدن و تجارت در سال ۱۳۹۷ انتخاب گردید.



بومی سازی ورقهای عریض فولادی گرید 42CrMo4 جهت ساخت
قطعات ضدسایش و ویژه در شرکت فولاد اکسین خوزستان

اهواز - کیلومتر ۱ جاده بندر امام خمینی (ره) شرکت فولاد اکسین خوزستان

www.oxinsteel.ir