بررسی افزایش ظرفیت تولید فولاد با استفاده از شبیه‌سازی در مجتمع فولاد مبارکه اصفهان

سهیل مردانی
مدیر تحقیق و توسعه شرکت سیمارون پرداز
s.mardani@simaron.com
مهدی اشرفی
کارشناس مهندسی صنایع مجتمع فولاد مبارکه اصفهان
nhd@mobarakeh-steel.ir
محمدمهران هنرمندیان
کارشناس تحقیق و توسعه شرکت فولاد مبارکه اصفهان
oou@mobarakeh-steel.ir

واژه‌های کلیدی
تولید فولاد، شبیه‌سازی ، عملیات اصلاح، افزایش ظرفیت، تصمیم‌سازی

چکیده

فرآیندهای لجستیکی، آماده‌سازی و اصلاح[1] در اکثر صنایع فولاد بسیار پیچیده می‌باشد[۱]. به منظور انجام عملیات نوردگرم در صنایع فولاد، پس از انجام عملیات ریخته‌گری تختال‌ها، فرآیند لجستیکی آماده‌سازی پیچیده‌ای به منظور سرد نمودن، رفع عیوب، انبار کردن و در نهایت ارسال به خط نورد گرم انجام می‌گیر. واضح است که توان و ظرفیت این واحد بر روی توان تولید کل مجموعه تأثیر دارد و عملکرد واحدهای فولادسازی و نوردگرم با عملکرد این واحد ارتباط تنگاتنگی دارد. به منظور افزایش ظرفیت تغذیهٔ خط نورد گرم باید تمهیداتی در مورد افزایش ظرفیت انتقال تختال از فولادسازی به نورد گرم صورت پذیرد. برای اینکار دو سناریو وجود دارد[۲و۳]. سناریوی اول استفاده از تکنولوژی و مکانیزم Hot Charge می‌باشد. با استفاده از این مکانیزم تختال‌ها بدون آنکه سرد شوند و عملیات اصلاحی روی آنها انجام شود پس از تولید به خط نورد گرم منتقل می‌شوند. سناریوی دوم سیاست توسعهٔ انبار کوره‌های پیشگرم نورد گرم می‌باشد که با استفاده از آن انتظار می‌رود سیکل برداشت و شارژ تختال در کوره‌های پیش‌گرم در انبار با سرعت بیشتر انجام پذیرد که این سناریو نیاز به سرمایه‌گذاری کمتری نسبت به سناریوی اول دارد از آنجاییکه درصدی از تختال‌ها که دارای کیفیت مناسب می‌باشند، جهت HotCharge مورد استفاده واقع می‌شوند، مدل شبیه‌سازی در راستای تصمیم‌سازی لازم در خصوص تعیین درصد ارسال تختال‌ها

[1] -**Conditioning**

بهHotCharge، میزان امکانات و تجهیزات مورد نیاز، بررسی موقعیت‌های نصب تجهیزات و تعداد جرثقیل‌ها جهت استفادهٔ بهینه، بکار گرفته شده است. همچنین به منظور تصمیم‌سازی بهینه در خصوص انتخاب سناریوها و تعیین میزان و محل نصب تجهیزات و ویژگی‌های آنها از مدل شبیه‌سازی استفاده می‌گردد.

۱. مقدمه

فشارهای فزآیندهٔ اقتصادی و رقابتی منجر به پیگیری برای بهبود مستمر در صنایع مختلف و به خصوص فولاد شده است[۴]. تولید فولاد از نقطه نظر فرآیند تولید اساساً فرآیندی ساده می‌باشد. آهن قراضه و در برخی از مواقع آهن مذاب حاصل از کورهٔ قوس الکتریکی وارد کوره شده و ذوب می‌گردند. فولاد مذاب به پاتیل ریخته شده و در ادامه فرآیندهای ثانویه متالورژیک از قبیل نورد گرم بر روی آن انجام می‌شود. پس از ریخته‌گری و تولید تختال، ابتدا تختال می‌بایست بسته به نوع کیفیت تختال تولید شده، توسط آب یا هوا خنک شده، و در ادامه درصدی از آنها نیاز به عیب زدایی و عملیات Scarf داشته و در نهایت توسط میزهای ترانسفر و جرثقیل‌ها به انبار نورد گرم و سپس کوره‌های پیش‌گرم ارسال می‌شوند. به دلیل دسترسی محدود به تجهیزات حمل‌ونقل گران‌قیمت در مسیرهای مختلف و اختصاص عملیات‌های مختلف به آنها و تاثیرگذاری جرثقیل‌ها بر روی یکدیگر سبب می‌گردد تا فرآیندهای لجستیکی در اکثر صنایع فولادسازی به فرآیندهایی بسیار پیچیده مبدل گردند. این پیچیدگی باعث می‌شود تا پیش‌بینی تأثیر افزودن تجهیزات، تغییرات در چیدمان آنها، تغییرجریان مواد، تغییر زمان‌های سیکل فرآیندها و سایر تصمیمات بر روی میزان تولید مشکل شود. این موضوع برای سیستم‌هایی که وجود ندارند و می‌خواهند احداث شوند بی‌نهایت سخت و غیر قابل انجام می‌باشد و تنها راه حل موجود که امکان کسب نگرش و بینش را در خصوص فرآیندهای لجستیکی و پویا فراهم می‌آورد، شبیه‌سازی می‌باشد.

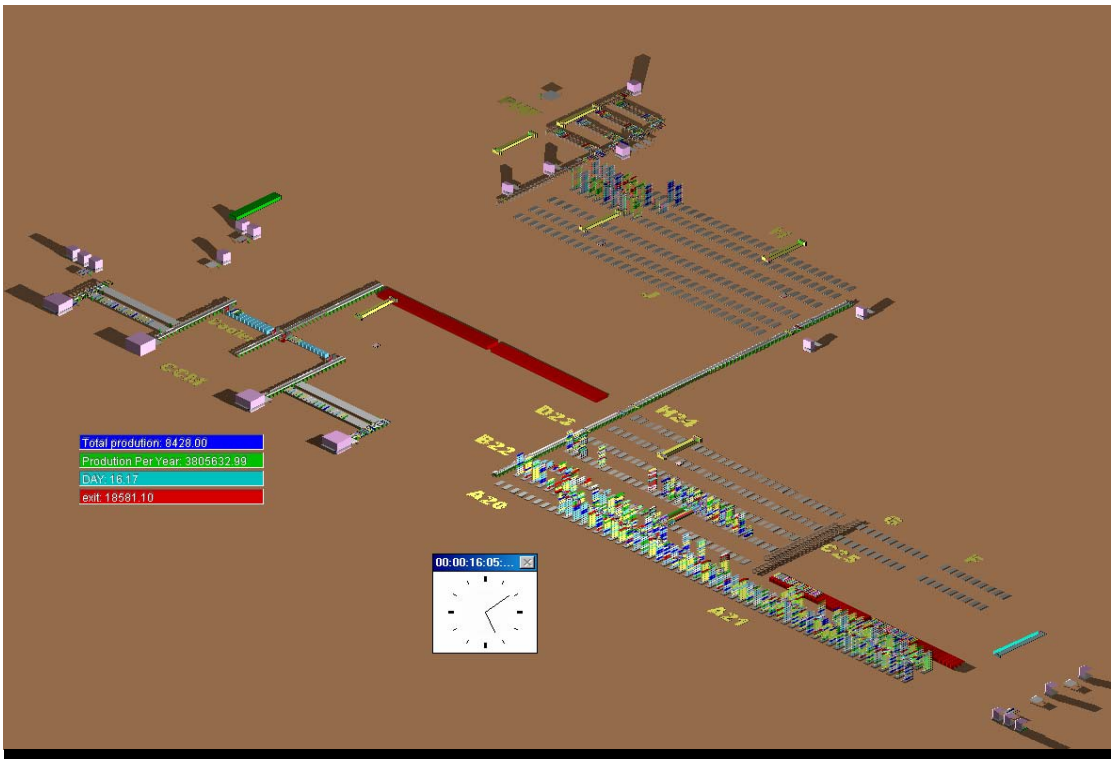
مجتمع فولاد مبارکه و انبار واحد ۲۸ این شرکت نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشد. در حال حاضر با توجه به تجهیزات موجود در انبار تختال واحد ۲۸ حداکثر ظرفیت تغذیهٔ خط نورد گرم ۳,۸ میلیون تن در سال می‌باشد. با توجه به سیاست مجتمع فولاد مبارکه در خصوص افزایش ظرفیت به میزان ۴,۲ میلیون تن در سال، راهکارها و تصمیمات متفاوتی وجود دارد که از میان آنها بایست یک راهکار و یا ترکیبی از آنها مورد استفاده واقع شود. با توجه به این راه‌حل‌هایی که از لحاظ تکنولوژیکی امکان پیاده‌سازی آنها وجود داشت، دو سناریو تدوین گردید تا با استفاده از شبیه‌سازی سناریوی برتر انتخاب گردد.

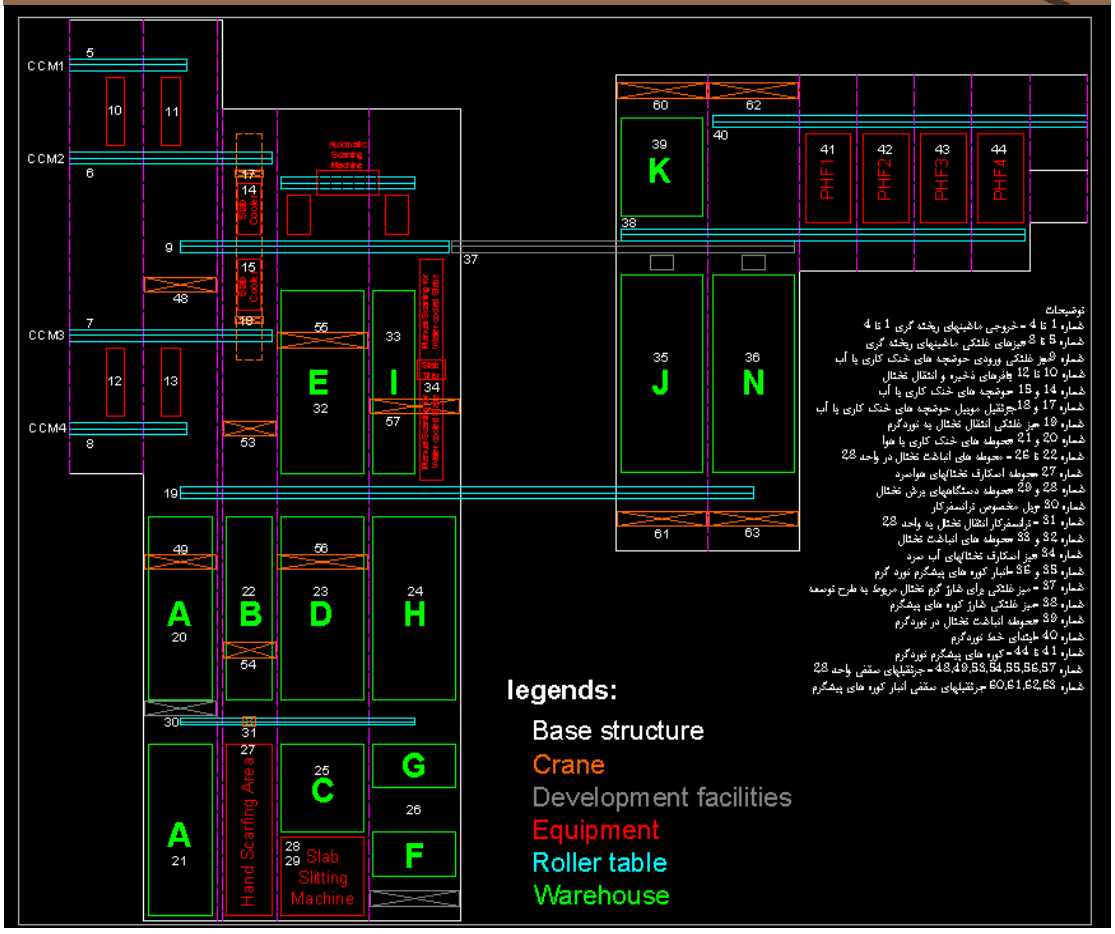
سناریوی اول که نیاز به سرمایه‌گذاری بالاتری نسبت به سناریوی دوم دارد استفاده از تکنولوژی و مکانیزم Hot Charge می‌باشد. با استفاده از این مکانیزم تختال‌ها بدون آنکه سرد شوند و عملیات اصلاحی روی آنها انجام شود پس از تولید به خط نورد گرم منتقل می‌شوند. از آنجاییکه درصدی از تختال‌ها که دارای کیفیت مناسب می‌باشند، جهت Hot Charge مورد استفاده واقع می‌شوند، مدل شبیه‌سازی در راستای تصمیم‌سازی لازم در خصوص تعیین درصد ارسال تختال‌ها به Hot Charge، میزان امکانات و تجهیزات مورد نیاز، بررسی موقعیت‌های نصب تجهیزات و تعداد جرثقیل‌ها جهت استفادهٔ بهینه، بکار گرفته شده است. به منظور تصمیم‌سازی بهینه در خصوص انتخاب سناریوها و همچنین تعیین میزان و محل نصب تجهیزات و ویژگی‌های آنها از مدل شبیه‌سازی استفاده می‌گردد. سناریوی دوم سیاست توسعهٔ انبار کوره‌های پیشگرم نورد گرم می‌باشد که با استفاده از آن انتظار می‌رود سیکل برداشت و شارژ تختال در کوره‌های پیش‌گرم در انبار با سرعت بیشتر انجام پذیرد. در این سناریو دهانه سوم انبار کوره‌های پیشگرم (در فضای بین واحد ۲۸ و انبار فعلی نوردگرم) ارسال می‌گردد. شرایط و مشخصات این دهانه شبیه دو دهانه دیگر این انبار می‌باشد.

۲. جریان مواد و ویژگی‌های مدل:

۲,۱ تولید تختال :

تختال‌ها توسط ۴ ماشین ریخته‌گری تولید در ۵ درجهٔ کیفی تولید می‌شوند. تولید تختال همچنین از نقطه نظر عرض تختال مهم می‌باشد که دامنهٔ عرض از ۶۵۰ میلیمتر تا ۱۸۸۰ میلیمتر متغیر می‌باشد. این دامنه به ۷ بازهٔ کوچکتر تقسیم شده و تولید تختال با استفاده از اطلاعات آماری تولید در سال ۸۳ در خصوص درجهٔ کیفی و عرض صورت می‌پذیرد. ماشین های ریخته گری در هر۴/۹۵ ساعت معادل ۲۹۷ دقیقه پنج ذوب را ریخته گری می کنند و سپس به مدت ۱/۱۶ ساعت معادل ۶۹/۶ دقیقه متوقف است که این ۵ ذوب از نقطه نظر کیفی و عرض مشابه بوده و برنامه‌ریزی تولید ماشین‌های ریخته‌گری چنان می‌باشد که توازن لازم برای استفاده از منابع عملیاتی در ادامه برقرار باشد. در صورت عدم رعایت این مسأله ممکن است ارسال تختال جهت عملیات سرد نمودن با هوا بیشتر از آب بوده و منابع خنک‌کاری با آب با خالی بودن ظرفیت مواجه گردند.


Total prodution: 8428.00
Prodution Per Year: 3805632.99
DAY: 16.17
exit: 18581.10
00:00:16:05:...


CCM1
CCM2
CCM3
CCM4
Automatic Scarfing Machine
Slab Cooling
Manual Scarfing for Water cooled Slab
Hand Scarfing Area
Slab Slitting Machine
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
N
PHF1
PHF2
PHF3
PHF4
legends:
Base structure
Crane
Development facilities
Equipment
Roller table
Warehouse
توضیحات
شماره 1 تا 4 = خروجی ماشینهای ریخته گری 1 تا 4
شماره 5 تا 8 =بزهای غلتکی ماشینهای ریخته گری
شماره 9=بز غلتکی ورودی حوضچه های خنک کاری با آب
شماره 10 تا 12 =فرفرهای ذخیره و انتقال تختال
شماره 14 و 15 =حوضچه های خنک کاری با آب
شماره 17 و 18=جرثقیل موبیل حوضچه های خنک کاری با آب
شماره 19 =بز غلتکی انتقال تختال به نوردگرم
شماره 20 و 21 =حوضه های خنک کاری با هوا
شماره 22 تا 26 = حوضه های انباشت تختال در واحد 28
شماره 27 =حوضه اسکارف تختالهای موامرد
شماره 28 و 29 =حوضه دستگاههای برش تختال
شماره 30 =ویل مخصوص ترانسفرکار
شماره 31 = ترانسفرکار انتقال تختال به واحد 28
شماره 32 و 33 =حوضه های انباشت تختال
شماره 34 =بز اسکارف تختالهای آب سرد
شماره 35 و 36 =انبار کوره های پیشگرم نورد گرم
شماره 37 = میز غلتکی برای شارژ گرم تختال مربوط به طرح توسعه
شماره 38 =میز غلتکی شارژ کوره های پیشگرم
شماره 39 =حوضه انباشت تختال در نوردگرم
شماره 40 =بلبلهای خط نوردگرم
شماره 41 تا 44 = کوره های پیشگرم نوردگرم
شماره 48,49,53,54,55,56,57 = جرثقیلهای سقفی واحد 28
شماره 60,61,62,63 جرثقیلهای سقفی انبار کوره های پیشگرم

شکل۱: نمای ۲ و ۳ بعدی از مدل انبار واحد ۲۸

۲,۲ فرآیند سرد نمودن

پس از ریخته‌گری، تختال‌ها می‌بایست سرد شوند. فرآیند سرد نمودن تختال بسته به درجهٔ کیفی متفاوت می‌باشد. تختال‌ها درجهٔ ۱ و ۲ و بخشی از تختال‌های درجهٔ ۳ با استفاده از آب که تنها ۳۰ دقیقه زمان مورد نیاز است، خنک می‌شوند و تختال‌های سایر درجات توسط هوا در محوطهٔ A سرد می‌شوند که برای این منظور ۳ روز زمان مورد نیاز می‌باشد. عملیات انتقال تختال‌ها از ماشین‌های ریخته‌گری به محوطهٔ A توسط دو جرثقیل بر روی یک مسیر صورت می‌پذیرد. در خصوص انتقال تختال‌ها با استفاده از جرثقیل‌ها در کلیهٔ مراحل، اولویت حرکتی با جرثقیلی می‌باشد که دارای بار می‌باشد و جرثقیل خالی می‌بایست حرکت رو به عقب داشته باشد. چیدمان تختال‌ها در این محوطه توسط سیاست خاصی صورت می‌پذیرد. برخی از محدودیت‌ها در این ارتباط عبارتند از:

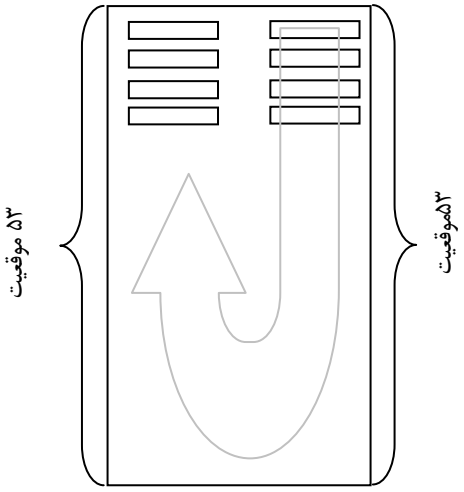
- محوطهٔ چیدمان به ۱۰۶ پایل تقسیم شده که در هر پایل حداکثر ۱۲ تختال می‌توان قرارداد.
- در خصوص چیدمان تختال در هر پایل اختلاف حداکثر و حداقل عرض نمیبایست بیش از ۳۰ سانتیمتر باشد و تختالی که نتواند در یک پایلی که در حال پر شدن می‌باشد قرار گیرد، بایست در پایل جدید چیده شود.
- اگر پایلی در حال پر شدن باشد نمی‌تواند تخلیه شود و همچنین در صورتیکه در حال خالی شدن باشد، نمی‌توان آنرا پر نمود. در ضمن مسیر پر نمودن پایل‌ها به صورت U (شکل۲) می‌باشد.

تختال‌هایی که نیاز به خنک‌کاری با آب دارند، توسط میزهای ترانسفرکار به سمت حوضچه‌های آب که دو عدد می‌باشند هدایت شده و توسط جرثقیل‌های موبیل در حوضچه‌ها قرار گرفته و از آن خارج می‌شوند و به مرحلهٔ بعدی ارسال می‌گردند.

۲,۳ عیب زدایی و اسکارف

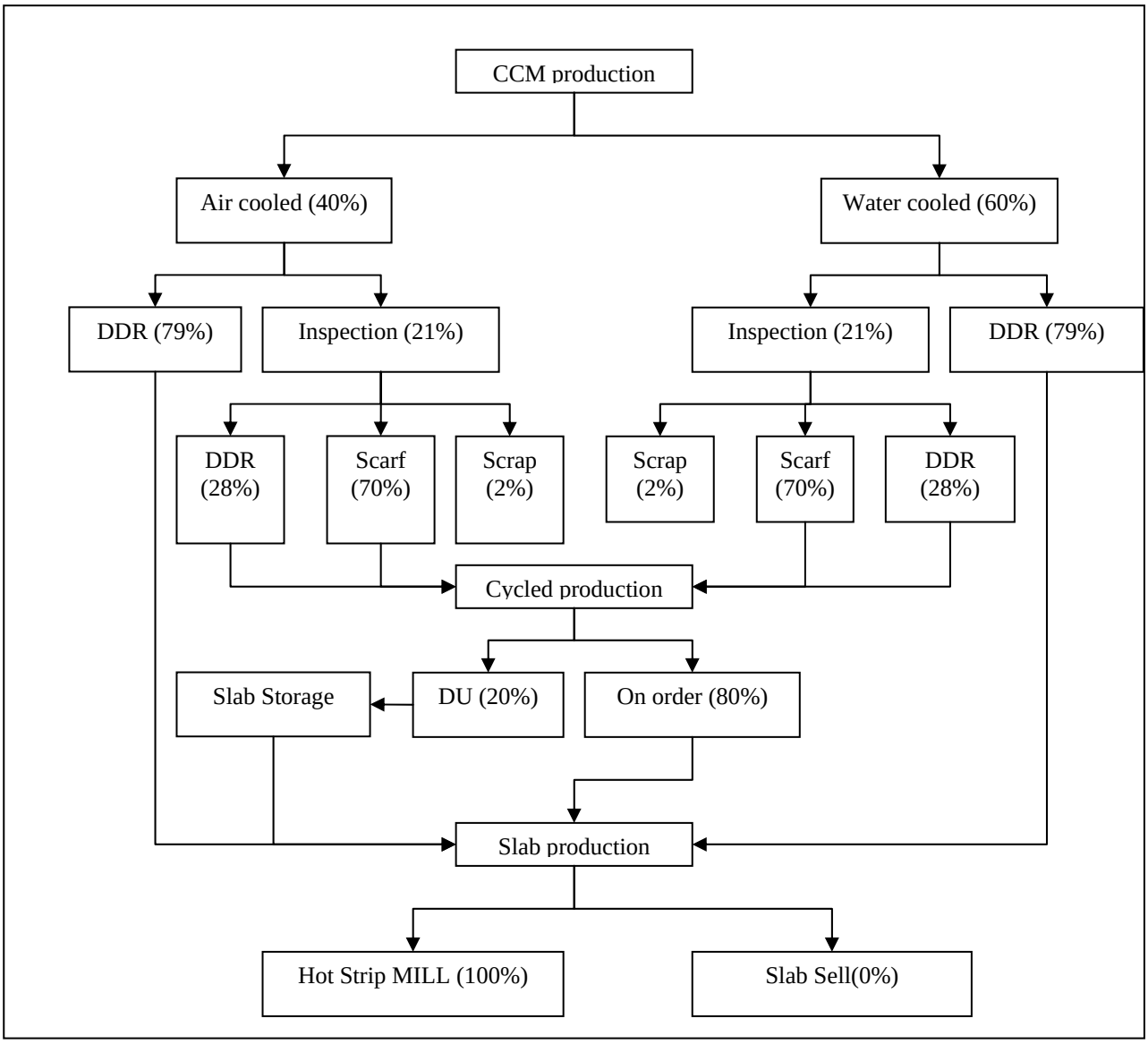
درصدی از تختال‌ها پس از خنک شدن می‌بایست عیب‌زدایی و اصطلاحاً اسکارف[2] شوند. این میزان درصدها در نمودار ۱ مشخص شده‌اند. ۷۹٪ درصد از تختال‌ها مستقیماً به انبار نوردگرم ارسال شده و باقیماندهٔ ۲۱٪ بازرسی شده و از این بین ۲۸٪ به انبار کوره‌های پیش گرم (انبارهای J و N) مستقیماً ارسال شده و ۷۰٪ نیاز به اسکارف و ۲ درصد نیز به دلیل عیوب عمده قابل استفاده نمی‌باشند. ۵۰٪ از تختال‌ها نیاز به اسکارف یک‌رو و ۵۰٪ نیاز به اسکارف پشت و رو دارند. محل اسکارف تختال‌های آب‌سرد و هواسرد متفاوت می‌باشد که جهت انتقال به این محل‌ها نیز از جرثقیل‌ها و میزهای ترانسفرکار استفاده می‌شود.

پس از انجام عملیات اسکارف درصد اندکی از تختال بدلیل اینکه عیوب آنها بطور کامل رفع نشده است، قابل استفاده مستقیم نمی‌باشند و که در اصطلاح به آنها تختالهای DU گفته می‌شود. این تختالها در محوطه خاصی ذخیره شده و بقیه تختال‌ها بایست از طریق میز ترانسفرکار به محوطه انبار کوره‌های پیش‌گرم (انبارهای J و N) ارسال شوند.



[2] -Scarf

شکل۲: چیدمان U شکل تختال‌ها در محوطهٔ A



نمودار۱: سیکل حرکتی و میزان درصد انتقال تختال‌ها به بخش‌های مختلف

۲,۴ انتقال به کوره‌ها

تختال‌ها توسط یک میز ترانسفرکار به محوطهٔ انبارهای پیش‌گرم ارسال شده و عملیات قراردادن تختال در انبار توسط دو جرثقیل و عملیات ارسال از انبار به میزهای انتقال دهنده به کوره‌ها توسط دو جرثقیل دیگر انجام می‌گیرد. انبارها به ترتیب در پایل‌های نزدیک‌تر به کوره‌ها چیده می‌شوند. محدودیتی ویژه در خصوص چیدن تختال‌ها وجود دارد که با توجه به ۳ بازهٔ عرضی در جدول ۱ ظرفیت پایل متغیر می‌باشد.

بازهٔ عرض تختال	تعداد تختال در هر پایل
۶۵۰ تا ۹۰۰ میلیمتر	۱۰
۹۵۰ تا ۱۳۰۰ میلیمتر	۱۴
۹۵۰ تا ۱۳۰۰ میلیمتر	۱۶

جدول ۱: ظرفیت پایل‌ها با توجه به عرض تختال

به منظور گرم نمودن تختال‌ها ۴ کوره با طول ۳۸ متر و سرعت ۰,۲۱ متر بر دقیقه و ظرفیت ۱۹ تختال طراحی شده اند. بدین ترتیب هر تختال در عرض ۳ ساعت از کوره عبور می نماید. در انتها نیز ۳,۵٪ تختال‌ها به دلایل مختلف پس از خروج از کوره می‌بایست دورریز شوند.

۲,۵ تعمیر تجهیزات

اکثر تجهیزات موجود در واحد ۲۸ از جمله ماشین‌های ریخته‌گری، جرثقیل‌ها، حوضچه‌ها، اسلب برگردان،کوره‌ها و ... دارای برنامه‌های زمانبندی تعمیرات و همچنین تعمیرات احتمالی می‌باشند که کلیهٔ برنامه‌های تعمیرات در مدل شبیه‌سازی در نظر گرفته شده‌اند.

۳. مدل شبیه‌سازی

جهت ساخت مدل شبیه‌سازی به دلیل وجود دانش،تجربه و مزایای فنی در خصوص مدل‌های حمل‌ونقل و لجستیکی از نرم‌افزار شبیه‌سازی ShowFlow استفاده گردید. از نرم‌افزار ShowFlow به دلیل وجود عناصر و ویژگی‌های زیر برای مدل شبیه‌سازی استفاده گردید.

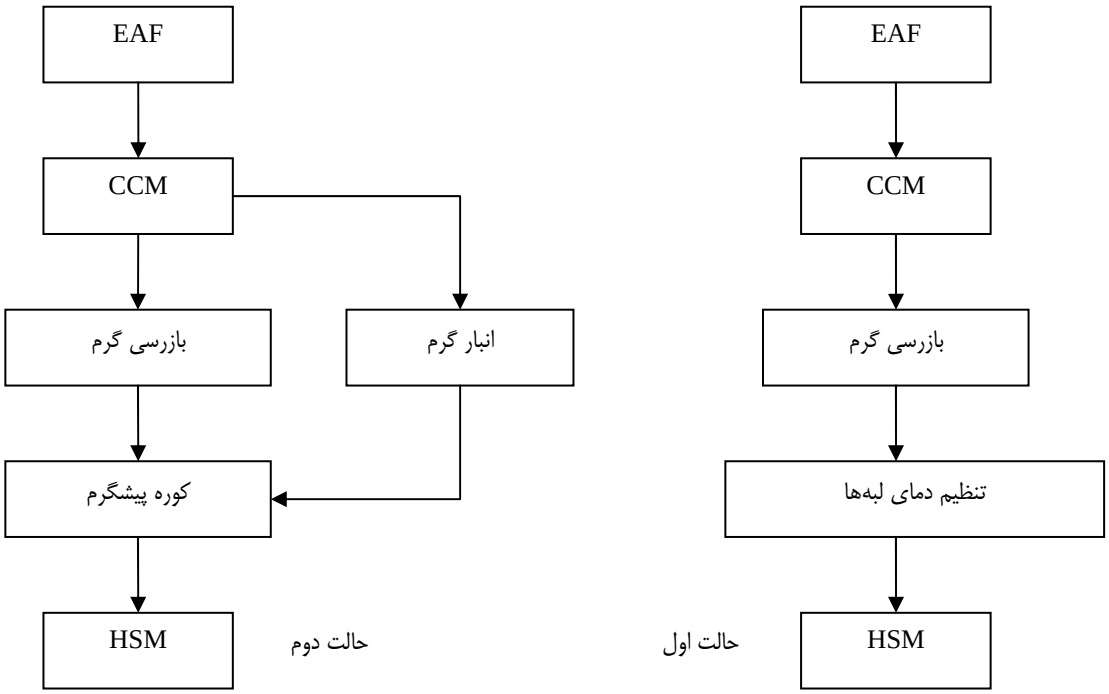
- وجود وسایل حمل‌ونقل برای طراحی جرثقیل‌ها،
- تسمه نقاله برای میزهای ترانسفرکار،
- مسیر برای طراحی شبکهٔ مسیر حرکتی تجهیزات انتقال مواد و جرثقیل‌ها
- عناصر ویژه جهت طراحی پایل برای ذخیره نمودن تختال‌ها با سطوح کنترلی جهت دریافت و ارسال تختال‌ها
- امکان استفاده از زبان برنامه‌نویسی ShowFlow Script
- امکان تعریف نمودن چندین عملیات بر روی تجهیزات
- امکان تعریف اولویت جهت انجام عملیات برای ماشین‌ها
- امکان تعریف اولویت حرکت برای جرثقیل‌هایی که در یک ریل قرار دارند برای وضعیت‌های مختلف دارای بار و بدون بار
- امکان اولویت‌دهی به جرثقیل‌ها جهت انتخاب منابع دریافت و مقاصد ارسال تختال و هدایت آنها
- امکان برنامه‌ریزی تولید برای تولید تختال با عرض و کیفیت‌های متفاوت
- استفاده از نقشه‌های AutoCad
- انیمیشن ۲ بعدی و ۳ بعدی
- نمودارهای پویا از شاخص‌های مختلف از قبیل میزان تولید، نرخ تولید در سال و ... به منظور بررسی، اعتبارسنجی و اعتبار بخشی به مدل‌ها
- ارائه گزارش‌های مختلف از قبیل وضعیت عناصر با گذر زمان، درصد بکارگیری عناصر، وضعیت صف و ...
- امکان طراحی سناریو جهت انجام آزمایشات مختلف شامل تعیین زمان گرم شدن مدل، تجزیه و تحلیل مدل و آنالیز حساسیت

۴. نتایج حاصل از پروژه و سناریوهای افزایش ظرفیت در واحد ۲۸ و کوره‌های پیشگرم نوردگرم:

در حال حاضر مدل وضعیت موجود آماده شده است و با توجه به انجام اعتبارسنجی و اعتبار بخشی به مدل، مدل نشان‌دهندهٔ وضعیت حاکم بر انبار واحد ۲۸ می‌باشد و میزان تولید سالیانه ۳,۸ میلیون تن در سال است. هم اکنون از جانب شرکت فولاد مبارکه دو سناریوی زیر جهت ارتقأ ظرفیت ارائه گردیده است و سناریوهای دیگری نیز از لحاظ تکنولوژیکی در دست مطالعه می‌باشند.

۴,۱ : استفاده از مکانیزم Hotcharge

در مکانیزم HC تختالها بدون آنکه خنک‌کاری شوند و عملیات اصلاحی روی آنها صورت پذیرد، بلافاصله پس از تولید در ماشینهای ریخته‌گری به نوردگرم منتقل شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. بطور کلی دو مکانیزم برای شارژ گرم وجود دارد که در نمودار ۲ نشان داده شده است.



نمودار۲: سیکل حرکتی در مکانیزم HotCharge

در حالت اول تختال با دمای ۱۲۰۰ درجه مستقیماً از خروجی ماشینهای ریخته‌گری به واحد نوردگرم ارسال می‌گردد و نیاز به گرم شدن در کوره‌های پیشگرم نمی‌باشد. در حالت دوم تختال با دمای حدود ۷۰۰ درجه به انبار کوره‌های پیشگرم منتقل شده و در صورت لزوم در محفظه‌های حرارتی نگهداشته می‌شود تا دمای آن حفظ گردد و سپس وارد کوره‌های پیشگرم شده و بعد از گرم شدن به اندازه مورد نیاز به نوردگرم ارسال می‌گردد. طبیعی است که در اینحالت به خاطر دمای اولیه تختال، انرژی کمتری صرف گرم کردن تختال می‌شود که صرفه‌جوئی قابل توجهی در مصارف و هزینه‌ها بعمل خواهد آمد. سایر مزایای مکانیزم HC به شرح ذیل می‌باشد:

۱- کاهش موجودی انبار و زمان اشغال تجهیزات آماده‌سازی
۲- کوتاهتر کردن سیکل تولید
۳- افزایش ظرفیت کوره‌های پیشگرم

برای انجام فرآیند شارژ گرم، تختال باید با کیفیت بالا و بدون عیب در ماشینهای ریخته‌گری تولید شود. از آنجا که شرایط ماشینهای ریخته‌گری همیشه ایده‌آل نیست و نمی‌توانند تختال را با کیفیت مورد نیاز فرآیند شارژ گرم تولید کنند، نمی‌توان این فرآیند را برای کل ظرفیت واحد بکار گرفت. از آن گذشته این مکانیزم نیاز به برنامه‌ریزی بسیار دقیق و هماهنگی تنگاتنگ بین واحدهای فولادسازی و نوردگرم دارد که در مواردی بسیار مشکل و حتی غیرممکن است. بهمین جهت فرآیند شارژ گرم درصدی از ظرفیت واحد را به خود اختصاص می‌دهد. در جهت توسعهٔ مدل، مدلی نیز توسعه داده می‌شود که بتواند برنامه‌ریزی دقیق و هماهنگ مورد نیاز را با استفاده از شبیه‌سازی انجام دهد.

در این سناریو مدل شبیه‌سازی به سؤالات زیر پاسخ می‌دهد :

۱- درصد تختالهائی که با مکانیزم HC به کوره‌های پیشگرم منتقل می‌شوند.
۲- تعداد محفظه‌های حرارتی موردنیاز برای نگهداری تختالهای گرم.
۳- بررسی موقعیتهای احداث محفظه‌ها و تصمیم‌گیری در مورد موقعیت بهینه (احداث دهانه جدید یا استفاده از انبار موجود)
۴- تعداد جرثقیلهای مورد نیاز در انبار کوره‌های پیشگرم (آیا جرثقیلهای فعلی جوابگو هستند یا نیاز به جرثقیل جدید داریم؟)

۴,۲ سناریوی ۲ : توسعه انبار کوره‌های پیشگرم نورد گرم

در این سناریو، دهانه سوم انبار کوره‌های پیشگرم (در فضای بین واحد ۲۸ و انبار فعلی نوردگرم) ارسال می‌گردد. شرایط و مشخصات این دهانه شبیه دو دهانه دیگر این انبار می‌باشد. این دهانه نیز شامل دو جرثقیل با همان مشخصات جرثقیلهای موجود خواهد بود و مکانیزم دریافت تختال از میز غلتکی ورودی (میز ۱۹) و شارژ تختال در کوره‌های پیشگرم مشابه مکانیزم موجود برای دو دهانه دیگر می‌باشد.
با استفاده از این سناریو، انتظار می‌رود سیکل برداشت تختال از میز ورودی و شارژ تختال در کوره‌های پیشگرم در انبار نورد گرم که توسط جرثقیلها انجام می‌شود، با سرعت بیشتر و راحتتر صورت پذیرد.

۵. نتیجه‌گیری:

با توسعهٔ مدل شبیه‌سازی فرآیندهای پیچیده تولید فولاد، پیش‌بینی تأثیر تصمیمات متخذه امری بسیار راحت‌تر شده و مدیران تصمیم‌گیر قادر شده‌اند تا قبل از پیاده‌سازی تصمیمات خود، تأثیرات آنها را مشاهده نموده و با درصد ریسک پایین‌تری این تصمیم‌سازی نمایند. در این مطالعه نیز دو سناریوی تصمیم گیری در ارتباط با افزایش تولید خط نورد گرم وجود داشت که با استفاده از ابزار شبیه‌سازی که توانایی طراحی مدلی با جزئیات بسیار ریز و فراوان ارائه نمود، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. امری که بدون استفاده از شبیه‌سازی بسیار سخت و حتی غیر ممکن بود.

منابع و مراجع

1. Logistic simulator for steel producing companies, Steven C. Hamoen , Dirk-Jan Moens, Proceeding of the winter simulation conference 2002.
۲. مدارک و دستورالعملهای استاندارد عملیاتی فرآیندهای Conditioning : شرکت فولاد مبارکه – واحد مهندسی صنایع
۳. پروژه تحقیقاتی "بررسی و امکانپذیری استفاده از مکانیزم HotCharge در مجتمع فولاد مبارکه"، پروژه مشترک دانشگاه صنعتی اصفهان و واحد تحقیقات شرکت فولاد مبارکه
4. Steel Production Methods Improvement Study Edward J. Williams, Celia Ortiz, http://www.pmcorp.com/PublishedPapers/Simulation%20Publications/Sim-Steel%20Industry/SteelProductionMethodsImprovementStudy.pdf