VPLYV RÝCHLOSTI LIATIA NA POVRCHOVÚ KVALITU PLYNULE ODLIEVANÝCH BRÁM

Német M. [1], Kijac J.[1] , Fedáková D.[2], Marek P. [2]
[1] TU-Hutnícka fakulta, Košice, Letná 9, Slovensko
[2] U.S. Steel Košice, s.r.o., Slovensko

INFLUENCE OF CASTING SPEED ON THE SURFACE QUALITY OF CONTINUOUS CASTING SLABS

Német M. [1], Kijac J.[1] , Fedáková D.[2], Marek P. [2]
[1]Technical University, faculty of metallurgy, Letná 9, Košice, Slovakia
[2] U.S. Steel Košice, s.r.o., Slovakia

Abstrakt

Povrchová kvalita plynulé odlievaných polotovarov je téma, ktorej je v súčastnej dobe venované čoraz viac pozornosti. Dôvodom je okrem rastu požiadaviek producentov na zvýšenie a urýchlenie produkcie aj rast požiadaviek zo strany zákazníkov na kvalitu finálnych produktov, ktorá je podmienená kvalitou polotovarov. Práca sa venuje vplyvu rýchlosti odlievania na defektnosť plynulé odlievaných brám v spoločnosti U.S. Steel Košice s.r.o. Výskum bol zameraný na elimináciu vzniku trhlín na povrchu brám. Predkladaný výskum vychádza z dôležitých technologických procesov reprezentovaných technologickými veličinami. Skúmaním technologických veličín boli sledované príčiny vzniku trhlín na povrchu brám. Hodnotenie výrobno-technologických dát bolo merítkom pre určenie nedostatkov procesu odlievania a pre návrh optimalizácie procesu . Práca prezentuje priaznivý dopad zvýšenia rýchlosti na pokles defektnosti. Predkladaná práca zahŕňa hodnotenie dát a využíva štatistické metódy a metódy hĺbkovej analýzy dát, pomocou ktorých boli dosiahnuté výsledky prekladané v závere.

Abstract

Surface quality of continuous casted slabs is the title, which has more attention nowadays. The reasons for that resonance are not only the production requirements. There are also other requirements which are from customer's sides. The final product quality is connected with the quality of slabs. We have been studying the rapidity influence of casting speed to the surface quality of continuous cast slabs in the U.S. Steel company.

Our research was orientated to the splits elimination which exists on the slabs surface in connection with the continuous casting speed at "DZ Oceliareň " department. This research acceptated all important parameters by continuous casting. Valuation parameter in continuous casting process was criteria for study and application parameters for improvement quality of countinuous casted slabs and its consequently final products. This work present direct effect increase of casting speed to surface quality of slabs. The research in this article is devoted in the three blocks of quality marks. The positive influence of casting speed was observed in all of blocks.

In the end of my article are given proposals for process of casting speed optimalization. By using of proposals, which are giving above, we can obtain increasing of surface slabs quality.

Key words: continuous casting, casting rate, slab defects, continuous casting process.

1. Úvod

Z hľadiska výroby plynulé odlievaných brám je vhodné, aby bola rýchlosť odlievania čo najvyššia, ale aby pritom nedochádzalo k vzniku defektov na ich povrchu.

Pri vyšších rýchlostiach liatia dochádza po výstupe z kryštalizátora k výraznému rastu povrchových teplôt kontiodliatku v dôsledku zníženého odvodu tepla v miestach medzi kryštalizátorom a zónou sekundárneho chladenia. Stuhnutý kov potom prechádza týmito zónami rýchlejšie, pričom dochádza k prehrievaniu vznikajúcej kôry. Vplyvom prehrievania vznikajú v kôre termické a ťahové napätia. Stuhnutá kôra má pri teplotách 700 až 900 ºC minimálnu pevnosť, preto dochádza k porušeniu celistvosti [3, 5, 6].

Dôležité pre bezdefektnosť plynulé odlievaných brám je udržiavanie rýchlosti liatia na konštantnej hodnote [4, 7, 8].

Výskumom autorov [2] bolo zistené, že vyššie rýchlosti zvyšujú prívod tepla do vnútra kôry, čo zhoršuje stenčovanie kôry a podporuje tvorbu defektov, ale zároveň bolo zistené aj to, že vyššie rýchlosti zvyšujú teplotu kontiodliatku a znižujú zmršťovanie kôry. Uvedené skúsenosti ukazujú, že vplyvy zvýšenia rýchlosti liatia sú rozmanité. Nie je vylúčené, že zvýšením liacej rýchlosti je možné dosiahnuť aj priaznivé vplyvy.

Možnosti eliminácie defektov v dôsledku zvýšenej rýchlosti odlievania pri stabilných podmienkach sú rozdelené do troch sekcií: kryštalizátor, oblasť sekundárneho chladenia a oblasť rovnacieho úseku zariadenia pre plynulé odlievanie ocele. V oblasti rovnacieho úseku platí zásada, že minimalizácia mechanických zaťažení znižuje povrchové popraskanie aj vo všeobecne kritických teplotných rozsahoch. [1]. Pre oblasť zakrivenia a sekundárneho chladenia platí, že popraskanie povrchu je silne ovplyvnené podmienkami sekundárneho ochladzovania.

2. Materiál a použitÉ experimentálne metodiky

Hodnotenie vplyvov rýchlosti bolo realizované v úzkej spolupráci s Útvarom generálneho manažéra pre výskum a vývoj (ÚGMVV) na odbore Výroba ocele a na Divíznom závode Oceliareň. Nástrojom na hodnotenie uvádzaných parametrov bol program OPTIMA, ktorý má softwarové vybavenie pre analýzu výrobno-technologických dát a hodnotenia kvality produkcie z Oceliarne I. – ZPO2, Úpravne brám a Expedície DZ Oceliareň (ÚBaE). Využíva sa pritom systém OKO1, z ktorého na základe vopred definovaných dátových štruktúr sa vytvorila *Entita OPTIMA*, ktorá sa pravidelne dopĺňa dávkovým spracovaním a štatisticky vyhodnocuje. Hlavným zdrojom informácii pre realizáciu výskumu boli štatistické dáta ročnej produkcie Oceliarne I. Vyhodnocovanie vplyvu rýchlosti liatia na povrchovú kvalitu brám spočívalo v tom, že vopred zadefinovaná matica údajov o brámach a podmienkach odlievania brám bola zoradená podľa rýchlosti liatia. Po zoradení údajov podľa rýchlosti liatia nasledovalo určenie rýchlostných intervalov a zatriedenie brám podľa týchto kritérií do príslušného intervalu. Triedenie údajov o bráme spočívalo v tom, že po zatriedení do intervalu rýchlosti odlievania bola určená prítomnosť defektov vybraného typu. Ak bol na brame prítomný defekt skúmaného typu, v položke vada sa objavila číslica 1, ak sa defekt nevyskytoval v položke vada bola 0. Takýmto spôsobom bolo možné identifikovať povrchové defekty zachytené na povrchu brám, či už na oceliarni, alebo na úpravni brám. Takýto princíp bol použitý pri hodnotení každej akostnej skupiny sledovaných tried ocele:

- hlbkoťažné - A,
- konštrukčné - B,
- mikrolegované - M.

Konkrétne boli pozorované defekty typu:

- oscilačné vrásky (a)
- priečne trhliny (b)
- pozdĺžne trhliny stredové (c)
- pozdĺžne trhliny na rohoch (d)

Dôvodom pre hodnotenie týchto skupín bolo to, že ocele triedy hlbokoťažné (A) a konštrukčné (B) boli zaujímavé z dôvodu množstva produkovaných brám a mikrolegované (M) ocele sa vyznačovali zvýšeným počtom defektov skúmaných typov, čo je zrejmé z grafov uvádzaných v nasledujúcich častiach.

3. Analýza dosiahnutých výsledkov

Vplyv rýchlosti odlievania na povrchovú kvalitu brám z hlbkoťažných ocelí (A)

Produkcia hlbokoťažných ocelí za zvolené obdobie je zobrazená na obr. 1, kde sú odliate bramy zatriedené do rýchlostných intervalov. V jednotlivých intervaloch je zvýraznené percentuálne zastúpenie defektných brám. Za defektnú je považovaná tá bráma, na povrchu ktorej sa vyskytol aspoň jeden zo spomínaných defektov typu a, b, c, alebo d, ktoré sú pomenované v úvodnej časti.

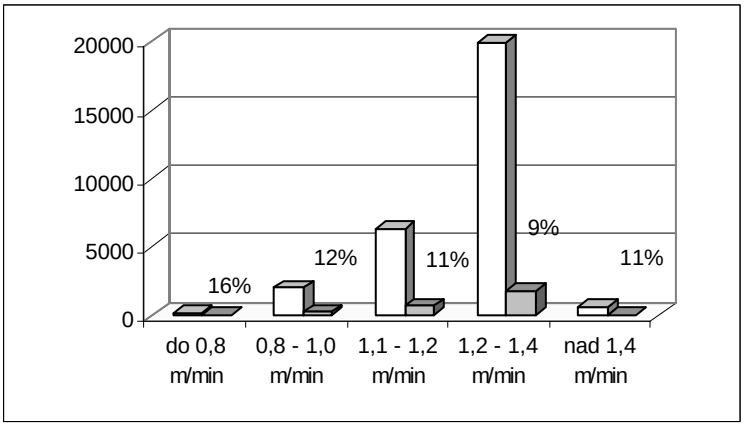

Fig.1 The amount of slabs making in various casting speeds and its defectiveness

Odlievanie hlbokoťažných ocelí možno rozdeliť do piatich rýchlostných intervalov. Z obr.1 možno sledovať priaznivý vplyv zvyšovania rýchlosti odlievania. Prínosom zvýšenia rýchlosti odlievania je pokles počtu defektov na povrchu brám. Priaznivý vplyv zvýšenia rýchlosti liatia sa prejavuje do rýchlosti 1,4 m/min. Pokles počtu defektov na povrchu brám je z cca 16 % pri rýchlosti liatia do 0,8 m/min na cca 9 % pri rýchlosti liati 1,2 – 1,4 m/min. V rýchlostnom intervale 1,2 – 1,4 m/min bolo odliatych najviac zo všetkých rýchlostných intervalov. Vzhľadom na tento údaj je možné považovať výsledky za vierohodné. Prekročenie rýchlosti odlievania nad 1,4 m/min malo za následok zvýšenie počtu defektov na povrchu brám o 2 %. Tento fakt naznačuje negatívny prínos ďalšieho zvýšenia rýchlosti odlievania bez toho aby boli na ZPO prevedené optimalizačné opatrenia.

Vplyv rýchlosti odlievania na povrchovú kvalitu brám z konštrukčných ocelí (B)

Na obr.č.2 je rozobraná produkcia konštrukčných oceli. Z celkového počtu bolo 15 % takých, na povrchu ktorých sa vyskytol aspoň jeden zo skúmaných defektov. Tieto defekty sú rozložené do rôznych rýchlostných intervalov. Nasledujúci obrázok nám dáva prehľad o produkcii brám, o percentuálnom zastúpení defektov na ich povrchu a hlavne o vplyve rýchlosti liatia na výskyt defektov sledovaného typu.

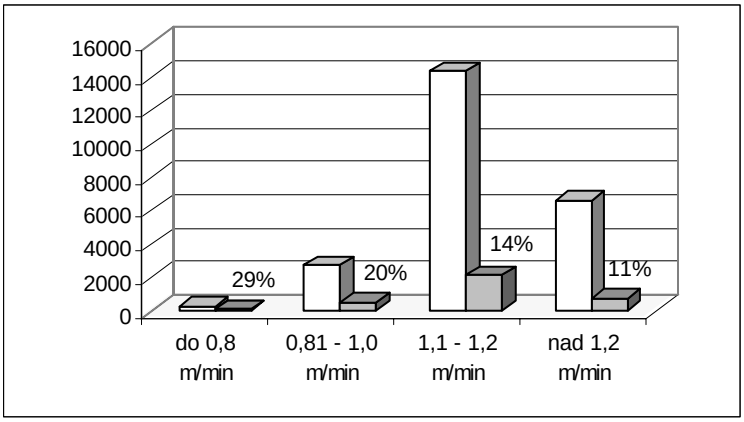

Fig.2 The amount of slabs making in various casting speeds and its defectiveness

Konštrukčné ocele sa odlievali v štyroch rýchlostných intervaloch, ktoré sú uvedené na obrázku 2 kde podobne ako u predchádzajúcej akostnej skupiny je možné pozorovať pozitívny prínos zvýšenia rýchlosti odlievania. Najväčší počet defektných brám bol zaznamenaný v rýchlostnom intervale do 0,8 m/min, počet defektných brám tu predstavuje 29%. Nárast rýchlosti liatia po rýchlosť 1,2 m/min znamenal zníženie počtu povrchových defektov na 11 % v rýchlostnom intervale nad 1,2 m/min., ktorý bol posledný z rýchlostných intervalov zaznamenaných pre danú akostnú skupinu ocelí.

Vplyv rýchlosti odlievania na povrchovú kvalitu brám z mikrolegovaných ocelí (M)

Na obr.č.3 je graficky znázornená produkcia mikrolegovaných ocelí za zvolené obdobie. Obr. č.3 znázorňuje zastúpenie brám odlievaných v štyroch rýchlostných intervaloch na povrchu ktorých sa vyskytli defekty sledovaného typu. V percentuálnom vyjadrení to predstavuje 46 %, čo je vysoká hodnota defektnosti. Z celkového počtu defektov tvorili defekty typu *a* najväčšiu časť (94%) a najnižšie zastúpenie mali defekty typu *d*, ktorých podiel bol (0,1%). Z tohoto obrázku sú vyvodené ďalšie závery.

Mikrolegované ocele boli podobne ako konštrukčné odlievané v štyroch rýchlostných intervaloch. Pozitívny prínos zvýšenia rýchlosti odlievania vo vzťahu k poklesu poštu povrchových defektov je možné pozorovať aj u tejto akostnej skupiny. Pri mikrolegovaných oceliach bola najvyššia defektnosť v rýchlostnom intervale do 0,8 m/min., kde bolo defektných až 70 % brám odliatych v tomto rýchlostnom intervale. Zvýšenie rýchlosti odlievania až na hranicu 1,2 m/min. malo za následok pokles defektnosti brám na 32 % v danom rýchlostnom intervale odlievania. Takáto defektnosť je ale v porovnaní z ostatnými skupinami akosti vysoká. Preto pri záverečnom návrhu optimalizácie procesov odlievania je treba brať do úvahy fakt, že bez ďalších zásahov na zariadení bude možné odlievať na ZPO len s takouto defektnosťou.

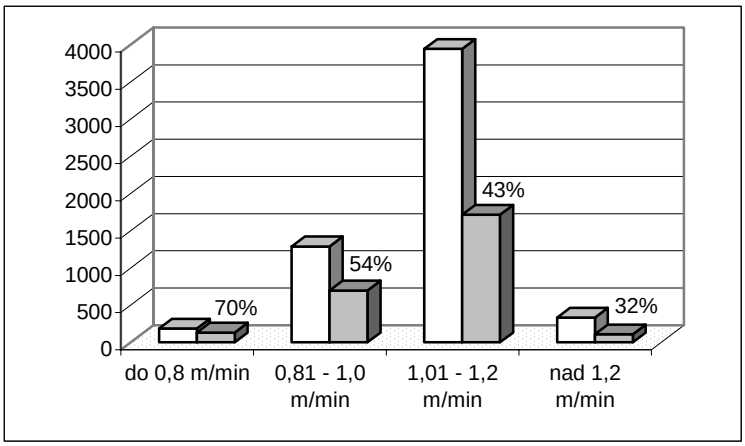

Fig.3 The amount of slabs making in various casting speeds and its defectiveness

4. Záver

Nižšie uvedené záverečné doporučenia vyplývajúce z tejto štúdie platia resp.sú aplikovateľné iba pre stabilné podmienky odlievania. Vzhľadom na to, že v prevádzke samozrejme nastávajú aj prípady narušenia stability liatia napr. pri výmene medzipánve, výmene ponornej výlevky a pod. kde je potrebné dodržiavať presne stanovené podmienky, nie je v týchto prípadoch možné uplatniť tieto doporučenia.

Záverečné doporučenia vyplývajúce z tohto výskumu sú:

Pri stabilných podmienkach liatia odlievať hlbkoťažné ocele v rýchlostnom intervale 1,2 – 1,4 m / min., čoho prínosom by bolo zvýšenie povrchovej kvality brám z hlbokoťažných ocelí. Podobne aj pre ocele konštrukčné platí že za stabilných podmienok odlievať rýchlosťou cca 1,2 m / min. a pre mikrolegované ocele odlievať taktiež rýchlosťou cca 1,2 m / min. V dôsledku týchto opatrení je možné očakávať zníženie defektnosti povrchu bram uvádzaných akostných skupín.

Literatúra

[1] Irwing W.R.: Continuous casting of steel , 1993, cambridge, str.207 Edícia: Continous casting – Volum 9., ISS, Warendale, PA-USA, str484
[2] Brimacombe J.K et al.: Metallurg. Trans., 8B, 1977, 24 - 32,
[3] Marek P., Ševčik A.: Oceľové plechy, 23, 1996, 17-23
[4] Ševčik A., Marek P.: Oceľové plechy, 21, 1996, 23-29
[5] Fedáková D., Sýkorová Ľ.: Štatistické metódy v systéme pre podporu rozhodovaniana DZ Oceliareň, zborník WORKSHOP, Stará Lesná, 26-28.5.1999.
[6] Chajdiak J.: Štatistické metódy, Jednoznačný ekonomický prínos, Zborník WORKSHOP, Stará Lesná, 26-28.5.1999.
[7] Herausgeber K.: Metallurgie des Stranggiessen, 1998
[8] Fedáková D. Fábianová D.: Vývoj systému pre podporu rozhodovania a riadenia výroby na ZPO, Záverečná správa čiastkovej úlohy výskumného projektu P1-21/5, august 2001.