

PROGNOZOWANIE JAKOŚCI PRODUKTU NA PODSTAWIE PARAMETRÓW JEGO WYTWARZANIA W PROCESIE CIĄGŁEGO ODLEWANIA STALI

Harald KANIA, Teresa LIS, Krzysztof NOWACKI

Streszczenie: W artykule przedstawiono koncepcję rozwoju metody prognozowania jakości stalowych wlewków ciągłych. Koncepcja ta zakłada doskonalenie istniejącej metody prognozowania stosowanej przez producenta wlewków. Następnie jej rozbudowę o dodatkowe segmenty zbierające i przetwarzające wszystkie dostępne informacje o produkcie wraz badaniami, pomiarami kontrolnymi oraz ocenami jakości na poszczególnych etapach produkcji własnej walcowni lub walcowni klienta. Celem jest uzyskanie możliwie największej przewidywalności jakości wlewka na podstawie „dziedziczenia” wad z wlewka ciągłego na wyrób walcowany. Ostatnim krokiem jest utworzenie systemu oceny jakości wlewka ciągłego w oparciu o narzędzia zarządzania jakością „od ogółu do szczegółu” (diagram Ishikawy) z zastosowaniem podejścia 6M.

Słowa kluczowe: system zapewnienia jakości, ciągłe odlewanie stali, wlevek ciągły, diagram Ishikawy.

1. Wstęp

Oczekiwaniem każdego klienta jest nabywanie wyrobów o jak najwyższej jakości przy umiarkowanej cenie. W tym celu poszukuje się dróg, prowadzących do ciągłego doskonalenia produktu na każdym etapie jego wytwarzania. W ostatnich dziesięcioleciach narodziła się filozofia wytwarzania wyrobów „bez wad”. Strategia, która się kryje za tą filozofią, obejmuje kosztowne przygotowanie, względnie planowanie procesu, statystyczną analizę danych celem regulacji procesów oraz wystawienie sprawozdań z badań prototypów od wytapiania do gotowego elementu konstrukcyjnego [1].

Specjalne techniki prób, jak np. Taguchi, Shainin, Shingo i metoda genetic-algorytm umożliwiają systemową optymalizację złożonych procesów [2, 3]. Stała poprawa procesu (Kaizen), międzydyscyplinarna praca zespołu nakierowana na przedsięwzięcia podstawowe i dostawy na określony czas są dalszymi sposobami całkowitego kierowania jakością. Wszystkie te metody pozwalają uniknąć wad przez systematyczną analizę procesu produkcyjnego, od zakupu, przez planowanie i regulację procesu, aż do statystycznej analizy [4].

Ideę produkcji „bez wad” środowisko stalownicze realizuje od szeregu lat wraz z wejściem serii norm ISO 9000 i rozpowszechnieniem się techniki komputerowej. Na początku lat 90-tych, zwiększano proces automatyzacji urządzeń COS.

W skład architektury systemów automatyzacji urządzeń do ciągłego odlewania stali, wprowadzane są komputerowe systemy sterowania - poziom 1 i 2, które są bezpośrednio zintegrowane ze sterownikami podzespołów urządzenia. Pozwala to na bieżącą kontrolę parametrów odlewania, zapisywać je na twardych dyskach i archiwizować. Zapisane dane procesowe są na bieżąco przetwarzane przez programy oceny jakości (np. CAQA/CAQC),

raportując o zaistniałych odchyłkach parametrów z jednoczesną klasyfikacją wlewków pod kątem ich jakości.

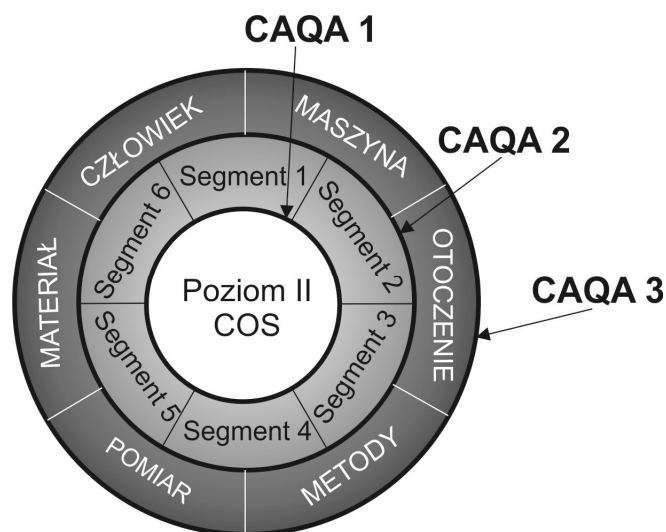
Obecnie, programy te należą do standardowego wyposażenia każdego urządzenia COS. Niestety w krajowych hutach ich wykorzystanie jest minimalne, ze względu na bardzo uproszczony sposób oceny wlewków, najczęściej nie przekładający się na rzeczywiste wady powstałe w półwyrobie. Drugim ograniczeniem jest brak możliwości ich rozwijania z powodu nie udostępniania kodów źródłowych i zabezpieczania systemów przez producentów urządzeń, uniemożliwiający ingerencję w środowisko programowe miejscowym informatykom.

2. Poprawa jakości wlewków ciągłych

W związku z ograniczeniami programowymi urządzeń COS pracujących w kraju, narodziła się koncepcja „ścieżki doskonalenia” oceny jakości wlewka ciągłego.

Tworzenie „ścieżki doskonalenia”, czyli rozwijania metody oceny jakości wlewka ciągłego ma przebieg etapowy, analogicznie jak ma to miejsce w systemach wspomaganie zarządzaniu przedsiębiorstwem (MRP I → MRP II → ERP → kolejne poziomy).

Schemat „ścieżki doskonalenia” sposobu oceny jakości wlewka ciągłego przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat rozwoju metody oceny jakości wlewka ciągłego

Ścieżkę oceny jakości wlewka ciągłego rozwija się w trzech krokach – tworząc moduły CAQA 1 → CAQA 2 → CAQA 3.

Jądrem „ścieżki doskonalenia” metody oceny jakości wlewka ciągłego jest pierwotny system klasyfikacji wlewków COS (CAQA 1) zainstalowany przez producenta na urządzeniu COS, z którego ściągane są dane do Segmentu II nowego – „otwartego” systemu komputerowego (CAQA 2).

Struktura bazy danych (CAQA 2) zawiera sześć segmentów:

Segment I - segment informacyjny zawierający dane ogólne o wytopie. Wybrane kolumny segmentu powtarzane są w pozostałych segmentach bazy,
Segment II - parametry technologiczne procesu COS, według zapisu poziomu II,
Segment III - dane o składzie chemicznym stali,
Segment IV - parametry charakteryzujące jakość wlewków ciągłych,
Segment V - ocena poziomu czystości stali /wtrąceń/ wg norm PN, DIN i ASTM,
Segment VI - wybrane dane o parametrach procesu walcowania, dane o własnościach wyrobów walcowanych z wlewków ciągłych, w zakresie obowiązującym dla kontroli i odbioru tych wyrobów [5].

System CAQA 2 został rozszerzony w stosunku do pierwowzoru o dodatkowe segmenty danych – służące nie tylko do lepszej klasyfikacji jakości wlewka (Segmenty 2 i 3), ale również jej weryfikacji oceną „dziedziczenia” wad z wlewków ciągłych (Segmenty 4 i 5) na wyroby walcowane (Segment 6). Do segmentów systemu CAQA 2 wprowadzane i scalane są dane z komórek działających w hucie lub/i klienta, odpowiedzialnych za kontrolę jakości półproduktu i produktu.

Idea utworzenia systemu CAQA 2 jest skupienie wszystkich dostępnych informacji o produkcie (od wytopu do wyrobu gotowego) wraz badaniami i pomiarami kontrolnymi oraz oceną jakości na poszczególnych etapach produkcji (Stalownia, Walcowania, Działy Kontroli Jakości). W tablicy 1 przedstawiono segmenty i dane składające się na system CAQA 2.

Tablica 1. Segmenty i dane systemu CAQA 2.

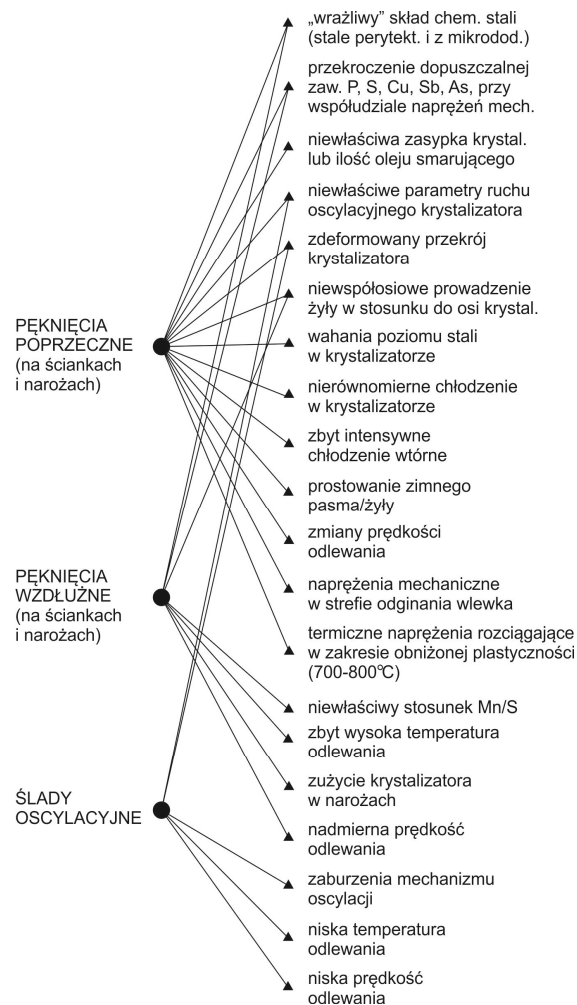
<p>SEGMENT I Dane podstawowe</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Data - Gatunek stali - Symbol KTM i KTWH - Numer wytopu - Rodzaj obróbki pozapiec. 	<ul style="list-style-type: none"> - Format wlewka - Nr żyły - Nr wlewka - Nr segmentu - Asortyment 	<ul style="list-style-type: none"> - Klient - Ocena procesu metalurgicznego
<p>SEGMENT II Parametry odlewania</p>	<p>SEGMENT III Analiza składu chemicznego wytopu</p>	<p>SEGMENT IV Kontrola i ocena jakości wlewka wg. Karty Kontroli Wlewka DKJ i normy BN-76/0601-10</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Data - Gatunek stali - Numer wytopu - Numer żyły - Numer wlewka - Segment - Masa stali w kadzi pośredniej - Temp. w kadzi pośredniej - Autom. regul. zatyczki - Rodzaj zasypki - Odlewanie z EMS - Prąd EMS - Czężotliwość EMS - Poziom w kryst. (+) - Poziom w kryst. (-) - Wiek krystal. (liczba wytopów) - ΔT krystalizatora - Maks. temp. wody na wlocie - Oscylacje krystalizatora - Prędkość odlew. (max) - Prędkość odlew. (min.) 	<ul style="list-style-type: none"> - C - Mn - Si - P - S - Cr - Ni - Mo - W - V - Cu - Ti - Co - Al met - Al całk. - As - Nb - O₂ - N₂ - Sn - Bi 	<p>A - Kształt przekroju poprzecznego i wymiary wlewka</p> <ul style="list-style-type: none"> - Odchyłka wysokości - Odchyłka szerokości - Wklęsłość ścian - Wypukłość ścian - Rombowość <p>B - Jakość powierzchni i warstwy przypowierzchniowej</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pęknięcia wzdłużne na ścianach - Pęknięcia poprzeczne na ścianach - Pęknięcia gwiazdiste na ścianach - Pęknięcia wzdłużne w narożach - Pęknięcia poprzeczne w narożach - Pory i pęcherze w warstwie powierzchniowej - Zażużlenia i makrowtrącenia - Ślady oscylacyjne i zawijaki 	

<ul style="list-style-type: none"> - Prędkość odlew. (średnia) - Maksym. P rolek ciągn. – prost. - Odchyl. pozycji zatyczki - Średnia pozycja zatyczki - Chłodzenie - przepływ sekcja 1 - Chłodzenie - przepływ sekcja 2 - Chłodzenie - przepływ sekcja 3 - Problem z rurą osłonową - Ramping T_{odl}/V_c - Zużycie CaSi drut, kg/t - Smarowanie krystal. Qs - Tarcie w krystal. F_r - Głębokość znaków osc. d_{OM} - Strumień ciepła z wlewka do krystal. Φ - Odpad (inf. dodatkowa) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sb - H_2 - Ca 	<p>C - Jakość wewnętrzna</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pustka środkowa / porowatość środkowa - Pęknięcia środkowe jednokierunkowe - Pęknięcia środkowe wielokierunkowe (gwiazdziste) - Pęknięcia w strefie pośredniej (międzydendrytyczne) - Pęknięcia diagonalne - Pęknięcia przypowierzchniowe - Udział kryształów równoosiowych - Pęcherze wewnętrzne - Makrowtrącenia
<p>SEGMENT V Ocena poziomu czystości stali po walcowaniu wg normy PN-64/H-04510</p>	<ul style="list-style-type: none"> - TP (tlenki ułożone punktowo) - KK (krzemiany kruche) - KP (krzemiany plastyczne) - KN (krzemiany i tlenki nieodkształcone -globularne) - S (siarczki) - AT (azotki tytanu) - AA (azotki aluminium) 	
<p>SEGMENT VI Wybrane parametry walcowania i właściwości półwyrobu/wyrobu</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Temp. wsadu (na wyjściu z pieca grzewczego) - Czas wygrzewania wsadu, Klatka wstępna - Temp. początku walcowania - Temp. końca walcowania - Ilość przepustów - Ubytek przekroju 	<p>Układ ciągły</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rm Re A5 Z KV KCU

Ze względu na niewłaściwy sposób oceny jakości wlewka ciągłego w systemie CAQA 1, w systemie CAQA 2 udoskonalono ten element. Sposób klasyfikacji wlewków w systemie CAQA 1 opiera się wyłącznie na ocenie przekroczonych granicznych wartości jednego parametru odlewania, bez uwzględniania możliwości redukcji jego niekorzystnego oddziaływania na jakość wlewka, regulacją sterowania innymi parametrami. Przykładem może być zbyt wysoka temperatura odlewania, której niekorzystny wpływ na jakość wewnętrzną wlewka można poprawić zmniejszając prędkość odlewania (stosując tzw. „ramping” T_{odl}/V_c).

Dlatego w segmencie 2 (CAQA 2) uwzględniono wzajemne relacje oddziaływania parametrów odlewania na jakość wlewka ciągłego i utworzono system „kar”. W zależności od wielkości przekroczenia granicznej wartości parametru, obciąża się go określoną wartością „kary”. Natomiast groźba zaistnienia wady we wlewku ciągłym i jego ocena, polega na sumowaniu wszystkich „kar” parametrów wytwarzania mających wpływ na jej powstanie. Przykład oddziaływania określonych parametrów odlewania na możliwość powstania wady przedstawiono na rys. 2.

Wartości „sił” oddziaływania poszczególnych „kar” na powstawanie wady, określone zostały przez technologa COS w oparciu o jego wiedzę i doświadczenie zawodowe. Założono również, że wraz ze wzrostem liczby wyników w bazie danych segmentów 4-6, „siła” oddziaływania „kar” określonego parametru technologicznego, będzie podlegała korekcie po statystycznej analizie wyników.



Rys. 2. Przyczyny powstawania wad powierzchniowych na wlewkach ciągłym

Przykład wydruku parametrów odlewania z poziomu II systemu sterowania COS zamieszczono na rys. 3a. Na rys. 3b pokazano fragment segmentu 2 będącego zmodyfikowanym odpowiednikiem CAQA 1.

Założono, że pełnym dopełnieniem prognozowania jakości wlewka ciągłego będzie system CAQA 3, wykorzystujący narzędzia zarządzania jakością diagram Ishikawy. Posiada on strukturę hierarchiczną: przyczyny głównie znajdują się najbliżej rdzenia, natomiast przyczyny pośrednie, bezpośrednio powiązane z przyczynami głównymi, stanowią ich rozwinięcie.

Przy sporządzaniu wykresu obowiązuje zasada „od ogółu do szczegółu” [6].

Raport danych wlewka

Wytop: 114237 Zyla: 1 Wlewki: 12

Nazwa parametrow	min	max	aktual	jednostk
obróbka Ca	tak		tak	
waga w k. posredniej	1500.000	7500.000	5580.000	kg
temp w k. posredniej		1570.000	1554.000	deg C
smar. kryst. olejow	nie		nie	
auton. reg. zatyczki	tak		tak	
rodz. zasyp/od kryst.	Scorialit C 189/E2		Scorialit C 189/E2	
awaria smar. kryst.	nie		nie	
odlewanie z EMS	tak		tak	
prad EHS		500.000	392.479	A
czystosc EHS		10.000	0.000	Hz
poziom w krystal.(*)		40.000	5.000	mm
poziom w krystal.(-)		25.000	7.000	mm
nacisk rolki 1			1.000	number
nacisk rolki 2			1.000	number
ilosc wytopow kryst.			43.000	numer
delta f krystalizat.	0.001	12.000	2.902	deg C
max temp wody - wlot		42.000	30.500	deg C
oscylacja krystaliza		220.000	112.409	1/n
max -predkosc odlew.		1.700	1.200	m/min
min -predkosc odlew.	0.000		1.100	m/min
sred -predkosc odlew	0.000		1.190	m/min
nr - krzywej chlodz.			7.000	numer
alarm sekcji - 1	nie		nie	
alarm sekcji - 2	nie		nie	
alarm sekcji - 3	nie		nie	
glowa zylu	nie		nie	
stopa zylu	nie		nie	
max P rolek ciag-pro			37.000	bar
prad rolek ciag-pros			0.567	A
nazisko miska			Sieminski	
temp. w k. glonej	1590.000	1615.000	1608.000	deg C
numer krystalizatora	0.000	100.000	0.100	%
odch. pozycji zatycz.			7.200	%
sred. pozycja zatycz			0.240	%
C	0.000	1.100	0.840	%
Mn	0.000	0.350	0.250	%
Si	0.100	0.050	0.017	%
P	0.000	0.050	0.005	%
S	0.000	0.300	0.150	%
Cr	0.000	0.300	0.190	%
Ni	0.000	0.300	0.020	%
Mo			0.000	%
U			0.000	%
Cu	0.000	0.300	0.160	%
Ti			0.000	%
Co			0.000	%
Al	0.020	0.050	0.035	%
As			0.000	%
Mb			0.000	%
O2			0.000	ppm
H2		90.000	17.715	liter/min
przeplyw w sekcji 1			42.818	liter/min
przeplyw w sekcji 2			26.401	liter/min
przeplyw w sekcji 3				
problem-rura oslon	nie		nie	

(a)

Lp.	Parametr	Wartość graniczna	Kara	Uwagi
1	stosunek Al _{met} /Al _{całk} x 100	< 70	10	
		70-80	5	
		> 80	0	
2	Waga w kadzi pośredniej	≤5000 kg	5	kar nie nadawano ostatnim wlewkom
3	Przepaleni e wylewu kadzi głównej	tak	5	kary tylko dla pierwszych wlewków z wytopu
		nie	0	
4	Odlewanie z EMS	tak	0	
		nie	5	
5	Stopień przegrzani a stali w kadzi pośredniej	Ramping T _{odl} /V _c		wartości kar - dane zastrzeżone
6	Wahania poziomu stali w krystal. (poziom +/-)	30-34	3	
		35-40	5	
		41-50	10	
		51-60	15	
		61-70	20	
		>80	30	

(b)

Rys. 3. Raport parametrów odlewania wlewka generowany przez system CAQA 1 (a), i fragment jego odpowiednika w systemie CAQA 2 - segmentu 2 (b)

W celu określenia przyczyn głównych stosuje się tzw. podejście 5M lub 6M+E, wskazujące następujące grupy czynników, wpływających na skutek (wadę produktu):

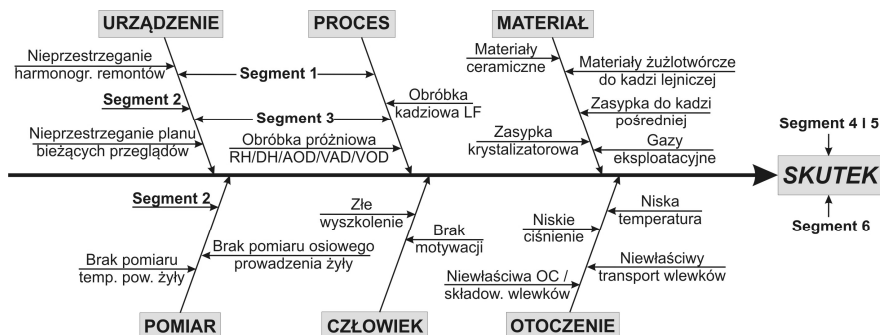
- *manpower* – czynnik ludzki,
- *machine* – wykorzystanie maszyny/urządzenia,
- *material* – wykorzystanie materiałów i tworzyw,
- *method* – metoda wytwarzania,
- *management* – kierowanie, zarządzanie,
- *measurement* – sposób pomiaru,
- *environment* – czynniki środowiskowe (otoczenia) [6].

System CAQA 3 z zaimplementowanymi danymi segmentów CAQA 2 w poszczególne czynniki jakości 6M przedstawiono na rys. 4.

2.1. Elementy jakości w systemie CAQA 3

- Element jakości **Maszyna/Urządzenie**. W przeciwieństwie do ludzi, urządzenie COS charakteryzuje się większą powtarzalnością w cyklu produkcyjnym, nie oznacza to jednak, że parametry robocze podczas jego eksploatacji są stałe. Z biegiem czasu urządzenie COS zużywa się, co wpływa na stabilność cykli produkcyjnych. Proces ten podlega przyspieszeniu w przypadku nieprzestrzegania harmonogramu remontów bieżących, średnich i kapitalnych oraz przeglądów neuralgicznych elementów urządzenia po każdej

odlanej sekwencji. Z punktu widzenia jakości produkcji, zmiany te dotyczą tylko tych elementów urządzenia, które bezpośrednio wpływają na wlewek ciągły (krystalizator, dysze natryskowe chłodzenia wtórnego, rolki prowadzące, rolki ciągnąco-prostujące, itd.). Dlatego głównym zadaniem systemu zapewnienia jakości w tym elemencie jest utrzymanie pod kontrolą procesów starzenia się elementów urządzenia COS.



Rys. 4. Schemat diagramu Ishikawy w układzie CAQA 3

Element **Urządzenie** ze względu na zautomatyzowanie i komputeryzację procesu oraz wypracowaną przez lata siatkę procedur kontrolnych podzespołów maszyny, pozwala w łatwy sposób zidentyfikować źródła odpowiedzialne za powstawanie wad.

Przykład identyfikacji „wada ↔ przyczyna” dla elementu jakości **Urządzenie** zamieszczono w tabelicy 2.

Tablica 2. Czynniki wpływające na powstawanie wad wlewka ciągłego i środki zaradcze.

Typ wady	Przyczyny	Środki zaradcze
<i>Wady powierzchni</i>		
Pęknięcia poprzeczne na ścianach i w narożach wlewka	„wrażliwy” skład chemiczny stali (stale perytektyczne i z mikrododatkami)	ograniczenie do minimum zawartości domieszek, powodujących obniżenie wytrzymałości temperaturowej i kruchości na gorąco
	przekroczenie dopuszczalnej zawartości domieszek P, S, Cu, Sb, As, przy współistnieniu naprężeń mechanicznych	intensyfikacja smarowania krystalizatora, zmiana zasyпки
	niewłaściwie dobrana zasyпка smarująca lub niewłaściwa ilość oleju	sprawdzenie położenia krystalizatora i odchylenia poziomego. Tryb oscylacji powinien zapewnić wyprzedzenie krystalizatora
	źle dobrane parametry ruchu oscylacyjnego krystalizatora	sprawdzenie wyosiowania między krystalizatorem a prowadnicą żyły, kontrola stanu krystalizatora
	zdeformowany przekrój krystalizatora, niewspółosiowość krystalizator – prowadnice żyły	regulacja i stabilizacja poziomu stali
	wahania poziomu stali w krystalizatorze	zredukowanie wtórnego chłodzenia na niższych poziomach strefy chłodzenia natryskowego lub w granicach dopuszczalnych, zwiększenie prędkości odlewania
	nierównomierne chłodzenie w krystalizatorze, nadmierne chłodzenie wtórne, zaginanie lub prostowanie zimnego pasma	właściwe wygrzewanie kadzi pośredniej, zwiększenie ilości zasyпки ocieplającej w kadzi pośredniej
	zmiany prędkości odlewania	

Typ wady	Przyczyny	Środki zaradcze
<i>Wady powierzchni</i>		
	naprężenia mechaniczne w strefie odginania wlewka termiczne naprężenia rozciągające w zakresie obniżonej plastyczności wlewka (700-800°C)	zmiana nacisku rolek ciągnąco-prostujących opracowanie dla gatunku stali właściwego rampingu Todl./Vc

- Element jakości **Człowiek** - może być przyczyną największych odchyżeń procesu wytwarzania. Człowiek obsługujący i kontrolujący procesy produkcyjne w przeciwieństwie do maszyny, wykazuje indywidualny system zachowań, nie zawsze w pełni logiczny, a często nawet emocjonalny. Jest to szczególnie niebezpieczne, gdy wymagania i kwalifikacje nie idą ze sobą w parze. Dlatego w obszarze **Człowiek** systemu CAQA 3, należy w ramach procesu wytwórczego (np. Piec łukowy → Obróbka pozapiecowa → COS → Walcownie) wypracować „układ sterowniczy” dla pracowników w postaci szkoleń indywidualnych i kontroli jakości [4].

- Element jakości **Material**. Ze względów na jakość produkcji, głównie brane pod uwagę są te materiały, które mają bezpośredni kontakt z ciekłą stalą. W obróbce pozapiecowej są to materiały zużłotwórcze, żelazostopy i modyfikatory wprowadzane w końcowej fazie procesu. Natomiast w procesie COS są to materiały ceramiczne (ogniotrwałe), zasyпки do kadzi pośredniej i krystalizatora, oleje smarujące, które bazują na naturalnych surowcach. Surowce naturalne podczas ich przerobu na produkt końcowy podlegają określonym tolerancjom. W tej sytuacji istotnym zadaniem czynnika **Material** w systemie CAQA 3, będzie uzyskanie u producenta materiałów o małym rozrzucie ich właściwości, wynikających z różnic surowcowych i przeróbczych [4].

Dla tego czynnika ważne będzie wypracowanie z producentami określonych specyfikacji produktów (atestów) i systemów kontroli dostawców i ich produktów.

- Element jakości **Metoda** w systemie CAQA 3 **Proces** jest czynnikiem, w którym istnieje możliwość w miarę dokładnego kontrolowania procesu i identyfikowania przyszłych wad. Procesy obróbki pozapiecowej (LF, RH, VAD, VD, VOD, itd.) w głównej mierze wpływają na tzw. „czystość metalurgiczną” stali oraz właściwą modyfikację wtrąceń niemetalicznych. W przypadku drugiego czynnika, niedotrzymanie reżimu technologicznego objawia się bardzo szybko, powodując zakłócenia w procesie ciągłego odlewania, a w ekstremalnych przypadkach może spowodować zatrzymanie całego procesu odlewania. Dlatego istotną sprawą z punktu widzenia jakości wlewka i bezproblemowego prowadzenia procesu COS, jest właściwe opracowanie i przestrzeganie procedur i zaleceń zawartych w kartach i instrukcjach technologicznych.

- Element jakości **Pomiar**. Czynnikiem ten jest uzależniony od wyposażenia urządzeń produkcyjnych. Nie wszystkie urządzenia COS wyposażane są w mierniki do pomiaru temperatury powierzchni żyły po wyjściu z komory chłodzenia wtórnego. Ogranicza to możliwość właściwego sterowania procesem odlewania, czego konsekwencją może być ryzyko powstawania wad. W przypadku braku możliwości identyfikacji wad podczas procesu odlewania, należy określić w systemie CAQA 3 procedury badań kontrolnych (niszczących i nieniszczących) zwłaszcza w przypadku uruchamiania produkcji nowych gatunków stali w stalowni i wyrobów w walcowni.

- Element jakości **Otoczenie**. Czynnikiem ten nie zawsze jest brany pod uwagę w środowisku stalowniczym. Jednakże, w kilku hutach uwidocznił się jego wpływ na jakość wlewka ciągłego. Wraz ze zmianą pór roku, szczególnie w okresie zimowym, gdy temperatura otoczenia spada poniżej zera, znacznie zwiększa się występowanie wad w

postaci krawędziowych pęknięć powierzchniowych. Jest to związane ze znacznym spadkiem temperatury wody w strefie chłodzenia wtórnego. Efektem tego jest nadmierne chłodzenie obszarów przykrawędziowych wlewków i powstawanie naprężeń które podczas odginania żyły inicjują pęknięcia.

Innym problemem w hutach, nie zawsze właściwie dopracowanym technologicznie, jest sposób składowania, transportu i obróbki cieplnej wlewków. Są to istotne czynniki w systemie zapewnienia jakości CAQA 3, które należy indywidualnie rozpatrywać u każdego producenta wlewków stalowych.

3. Podsumowanie

W pracy przedstawiono koncepcję rozwoju metody prognozowania jakości wlewków ciągłego. Koncepcja ta zakłada stopniową optymalizację metody oceny jakości wlewków ciągłych w oparciu o dane technologiczne, wyniki badań i pomiarów kontrolnych, gromadzonych w całym cyklu produkcyjnym, tj. od wytopu do produktu gotowego. Rozwój metody przebiega etapami, w pierwszej kolejności wykorzystuje się i optymalizuje istniejące narzędzia stosowane u producenta, a następnie rozszerza ich funkcjonalność o dodatkowe segmenty, pozwalające lepiej zrozumieć zależności pomiędzy parametrami technologicznymi i wadami powstającymi na półwyrobie lub wyrobie gotowym. Końcowym wynikiem pracy jest zaimplementowanie opracowanych rozwiązań z czynnikami zarządzania jakością 6M w oparciu o koncepcję ważonego diagramu Ishikawy.

Literatura

1. Gerlin W., Quality and Reliability Engineering International 10, n. 4, 1994, s. 255-261.
2. Krottmaier J., Qualität und Zuverlässigkeit 36, n. 2, 1991, s. 90-93.
3. Bandow G., Markt und Technik, 1991, n. 23, s. 41-44.
4. Engineer S., Wieland H-J., „Null-Fehler” – Philosophie, Stahl und Eisen, t. 117, n. 3, 1997, s. 79-84.
5. Firanek H., Kania H., Mazur A.: „Statystyczna ocena jakości półwyrobów długich walcowanych z wlewków odlewanych na UCOS w Hucie Baildon w latach 1996÷2000”; Materiały Międzynarodowej Konferencji „Ciągłe odlewanie stali”, Krynica 13÷15.06 2002.
6. Łybacki W., Zawadzka K., Wspomaganie diagnostyki wad odlewów narzędziami zarządzania jakością, Komisja Budowy Maszyn PAN, Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji, 2009, v. 28, n. 1, s. 89-101.

Dr inż. Harald KANIA
Prof. dr hab. inż. Teresa LIS
Dr hab. inż. Krzysztof NOWACKI, prof. nzw. w Pol. Śl.
Katedra Inżynierii Produkcji
Politechnika Śląska
40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8
tel./fax: (0-32) 603 41 75
e-mail: harald.kania@polsl.pl
teresa.lis@polsl.pl
krzysztof.nowacki@polsl.pl