



Kontrola przy użyciu symulatora on-line procesu wyżarzania kręgów blach aluminiowych w instalacji Vortex[®] Jet Heating SECO/WARWICK

Using an online simulator to control the process of aluminium coil annealing in the SECO/WARWICK Vortex[®] Jet Heating System

dr inż. Ł. PIECHOWICZ, D. SIEMIATOWSKI

1-Seco/Warwick
ul. Sobieskiego 8
66-200 Świebodzin



W KILKU SŁOWACH

W pracy przedstawiono ogólną zasadę działania systemu automatycznej regulacji i sterowania procesem wyżarzania kręgów blach aluminiowych w piecach Vortex[®] Jet Heating SECO/WARWICK z wykorzystaniem symulatora on-line procesów cieplnych. Zadaniem opracowanego symulatora jest wyznaczanie charakterystycznych temperatur w przekroju kręgu blachy aluminiowej w trakcie procesu wyżarzania. Dane z symulatora są przekazywane on-line do sterownika cyfrowego, gdzie są wykorzystywane w procesie automatycznej regulacji. Celem wykorzystania modelowania zjawisk cieplnych w procesie automatycznej regulacji i sterowania jest nie tylko poprawa walorów użytkowych urządzenia, ale również zmniejszenie zużycia energii oraz poprawa jakości gotowego wyrobu.

Wprowadzenie

Chcąc sprostać rosnącym wymaganiom Klientów firmy produkujące piece przemysłowe zmuszone są do ciągłego doskonalenia tradycyjnych metod obróbki cieplnej. Do ważnych zagadnień innowacyjnych można zaliczyć m.in. szereg kwestii technologicznych, np. związanych z opracowaniem modelu do przewidywa-



SUMMARY

The paper presents a general principle of auto-regulation system and control of process of aluminium coil annealing in Vortex[®] Jet Heating SECO/WARWICK furnaces using a simulator on-line thermal processes. The task of elaborated simulator is designed to determine characteristic temperatures in aluminium coil section during annealing process. Simulation data are transmitted on-line to the digital controller, which is used in automatic regulation. Goal of use thermal modeling in the auto-regulation and control system is not only to improve functional properties of a equipment, but also reduce energy consumption and improve the quality of the finished product.

nia struktur i własności materiałów po obróbce cieplnej, czy też zagadnień związanych bezpośrednio z ograniczeniem zużycia energii. Wymagane własności obrabianego cieplnie materiału uzyskane przy jak najmniejszym nakładzie energetycznym można otrzymać stosując wydajne systemy automatycznej regulacji i sterowania wspomagane modelowaniem matematycznym zjawisk fizycznych. Punktem wyjścia do opty-

malizacji procesu obróbki cieplnej, zarówno pod kątem własności obrabianego materiału, jak i pod względem zużycia energii jest wiedza na temat zjawisk cieplnych zachodzących w piecu oraz wewnątrz wsadu.

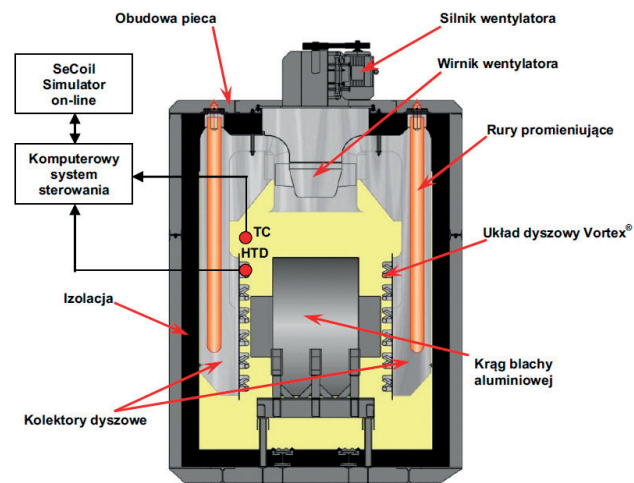
Wyniki regularnie prowadzonych sondażowych badań statystycznych opublikowane przez ASM (American Society for Metals) [1] wskazują, że odbiorcy i usługodawcy szeroko rozumianej obróbki cieplnej metali wskazują m.in. na potrzebę rozwijania zagadnień, takich jak:

- baza danych dla procesów obróbki cieplnej obejmująca cieplne i mechaniczne własności materiałów,
- możliwość skrócenia czasu trwania procesów obróbki cieplnej,
- lepszy system kontroli temperatury pieców do obróbki cieplnej (różnorodne czujniki i techniki),
- czujniki pomiaru przepływu gazu w piecach.

Przykładem procesu technologicznego, gdzie zachodzi konieczność zgłębiania wszystkich powyższych zagadnień jest wyżarzanie rekrytalizujące, które jest integralną częścią produkcji taśm i blach aluminiowych wytwarzanych w procesie walcowania na zimno. Proces ten przeprowadza się w piecach komorowych opartych na technologii „Mass Flow” (masowy przepływ atmosfery) lub „Jet Heating” (dyszowy nadmuch atmosfery), gdzie blacha wprowadzana jest do komory pieca w postaci ściśle zwiniętych kręgów o masie od kilku do kilkunastu ton. Wyżarzanie blachy aluminiowej w kręgach jest procesem długotrwałym i składa się z trzech zasadniczych etapów: nagrzewania, wygrzewania (wytrzymania) oraz chłodzenia. Dlatego dąży się do optymalizacji przebiegu wyżarzania, celem możliwie maksymalnego skrócenia czasu tego procesu, przy jednoczesnym zachowaniu żądanych własności w obrębie całego wsadu.

W tym celu dla instalacji Vortex® Jet Heating SECO/WARWICK opracowano kontrolę wyżarzania kręgów przy użyciu symulatora on-line procesu nagrzewania. Schemat pieca Vortex® Jet Heating wraz z ogólnym zarysem układu automatycznej regulacji i sterowania przedstawiono na rys.1. W piecu tym zamontowane wentylatory tłoczą zasysany z komory roboczej czynnik do dwóch kieszeni zakończonych segmentem

dyszowym, mającym na celu przyspieszenie tłoczonego powietrza i dostarczenie ciepła do wygrzewanej blachy aluminiowej, znajdującej się między dwoma bliźniaczymi segmentami dyszowymi. Jako układ dyszowy zastosowano system „szczotek wirowych” - Vortex®, które składają się z czterech okrągłych dysz (rur) umiejscowionych blisko siebie, gdzie każda nachylna jest pod odpowiednim kątem. Odpowiednia wzajemna konfiguracja dysz zapewnia wirowy przepływ gazu. System dyszowy Vortex® łączy w sobie zalety zarówno wysokokonwekcyjnej technologii „Jet Heating” (uderzenie strumienia gazu w czołową powierzchnię kręgu), jak i technologii „Mass Flow” nie powodującej lokalnych przypaleń powierzchni wsadu [2].



Rys. 1. Przekrój pieca z wysokokonwekcyjnym dyszowym systemem – Vortex®

Kontrola procesu wyżarzania

Dla każdego stopu lub grupy stopów można zdefiniować recepturę nagrzewania, według której będzie realizowany proces technologiczny. Aby zdefiniować procedurę nagrzewania należy uwzględnić kilka istotnych parametrów (rys. 2), takich jak:

- rampa grzania (WSP) – zadana szybkość wzrostu temperatury w komorze grzewczej pieca,
- końcowa, docelowa temperatura wsadu (t_{sp}) będąca zarazem temperaturą wytrzymania,
- przewyższenie temperatury definiowane jako różnica między maksymalną temperaturą komory grzewczej (gazu) a końcową, docelową temperaturą wsadu ($t_{head} = t_{gmax} - t_{sp}$),

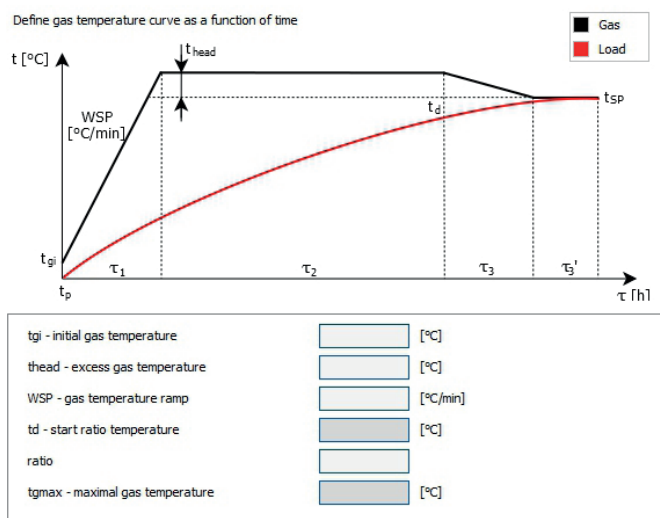




- czas wytrzymania (T'_3) mierzony od momentu wskazania przez termoelement wsadowy temperatury docelowej t_{sp} z określoną tolerancją błęd (najczęściej wynoszącą ± 5 K).

Z technologicznego punktu widzenia najistotniejszymi parametrami są końcowa, docelowa temperatura wsadu oraz czas wytrzymania. Parametry te ściśle definiują technologię wyżarzania rekrystalizującego i muszą zostać bezwzględnie spełnione.

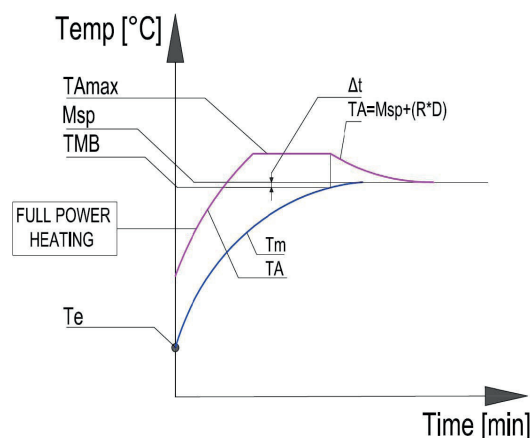
Z ekonomicznego punktu widzenia najważniejszym parametrem jest całkowity czas procesu, który bezpośrednio wpływa na wydajność oraz zużycie energii. Analizując wykres przedstawiony na rys. 2 można stwierdzić, że skrócenie całkowitego czasu procesu można uzyskać zwiększając wartości dwóch podstawowych parametrów, tj. rampy grzania oraz przewyższenia temperatury. Niesie to za sobą jednak pewne ograniczenia, mianowicie w wyniku przekroczenia pewnej racjonalnej szybkości wzrostu temperatury może nastąpić wzrost całkowitego zużycia energii na skutek poboru zbyt dużej ilości mocy w początkowej fazie procesu. Z kolei przekroczenie pewnej krytycznej wartości przewyższenia temperatury może doprowadzić do chwilowego lub długotrwałego przegrzania wsadu (powyżej temperatury docelowej). Krótko mówiąc pożądane jest aby nagrzewanie zostało przeprowadzone tak szybko jak to możliwe, jednocześnie zapobiegając przegrzaniu wsadu oraz zapewniając minimalne zużycie paliwa (gazu ziemnego).



Rys. 2. Definiowanie przebiegu temperatury atmosfery w programie SeCoil

Zadaniem systemu automatycznej regulacji i sterowania (po zdefiniowaniu takich parametrów jak WSP, t_{head} , t_{sp} oraz T'_3) jest utrzymanie przez możliwie długi odcinek czasu odpowiedniego przewyższenia temperatury w komorze grzewczej pieca, a następnie (po osiągnięciu przez wsad temperatury t_d – start temperature ratio) obniżenie temperatury gazu według ściśle zdefiniowanej zależności (rys. 3). Dzięki zastosowanej procedurze można uzyskać możliwie krótki czas procesu bez wystąpienia ryzyka przegrzania wsadu. Prawidłowe działanie systemu wymaga jednak precyzyjnej kontroli temperatury wsadu, co wbrew pozorom nie jest zadaniem łatwym. W klasycznym układzie sterowania pomiaru temperatury dokonuje się przy użyciu termoelementu wsadowego, który jest „wbijany” od strony czołowej kręgu na głębokości ok. 60 mm.

Przedstawiony sposób pomiaru temperatury jest często obciążony błędem spowodowanym „wentylowaniem” punktu pomiarowego. W efekcie tego zjawiska pomiar temperatury jest zakłócany przez strugę wypływającego gazu. Innym niekorzystnym skutkiem takiego pomiaru temperatury jest niszczenie brzegów blachy, nie mówiąc już o uniedogodnieniach związanych z umieszczaniem i usuwaniem termoelementu wsadowego. Niedogodności te można wyeliminować wykorzystując w procesie sterowania model matematyczny procesów cieplnych. Podstawy modelu matematycznego nagrzewania wsadu stanowiącą zasadniczą część systemu automatycznej regulacji i sterowania procesem wyżarzania kręgów blach aluminiowych w piecach Vortex® Jet Heating przedstawiono w pracy [3].



Rys. 3. Regulacja temperatury poprzez RATIO CONTROL SYSTEM (przykład)

System kontroli przy użyciu symulatora on-line

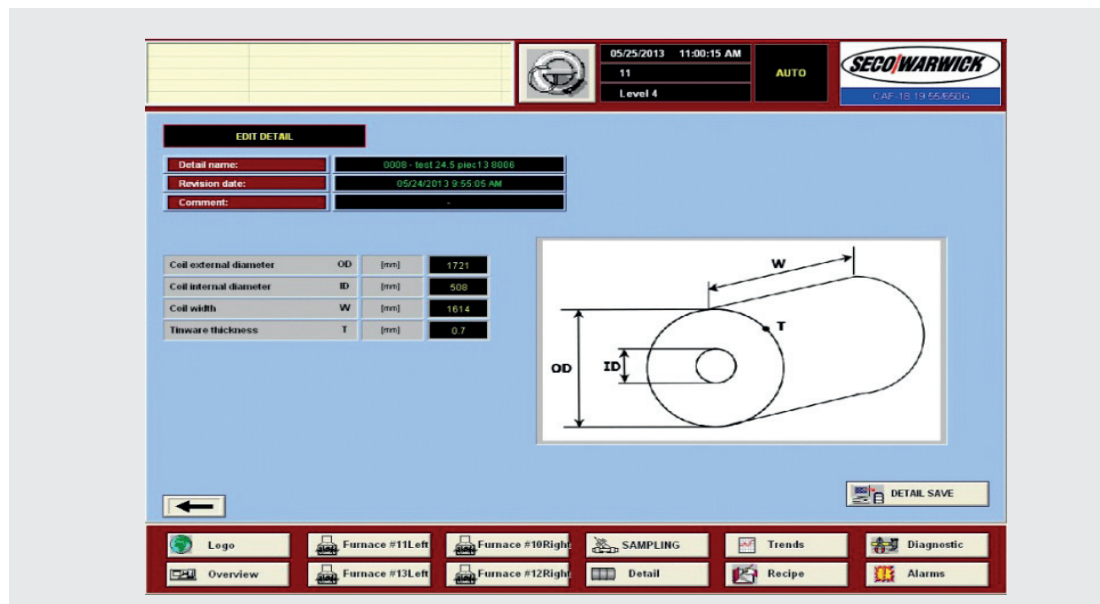
Poniżej w punktach przedstawiono opis systemu regulacji przy użyciu symulatora on-line (programu SeCoil).

1. Należy napisać recepturę nagrzewania dla danego procesu technologicznego obróbki cieplnej metalu w programie InTouch. Należy

zdefiniować kilka podstawowych parametrów, m.in. takich jak:

- temperaturę,
- rampę grzania,
- czas wytrzymania.

2. W oknie „Edit Detail” programu Intouch należy zdefiniować parametry, takie jak: zewnętrzna i wewnętrzna średnica kręgu, szerokość oraz grubość blachy (rys. 4).

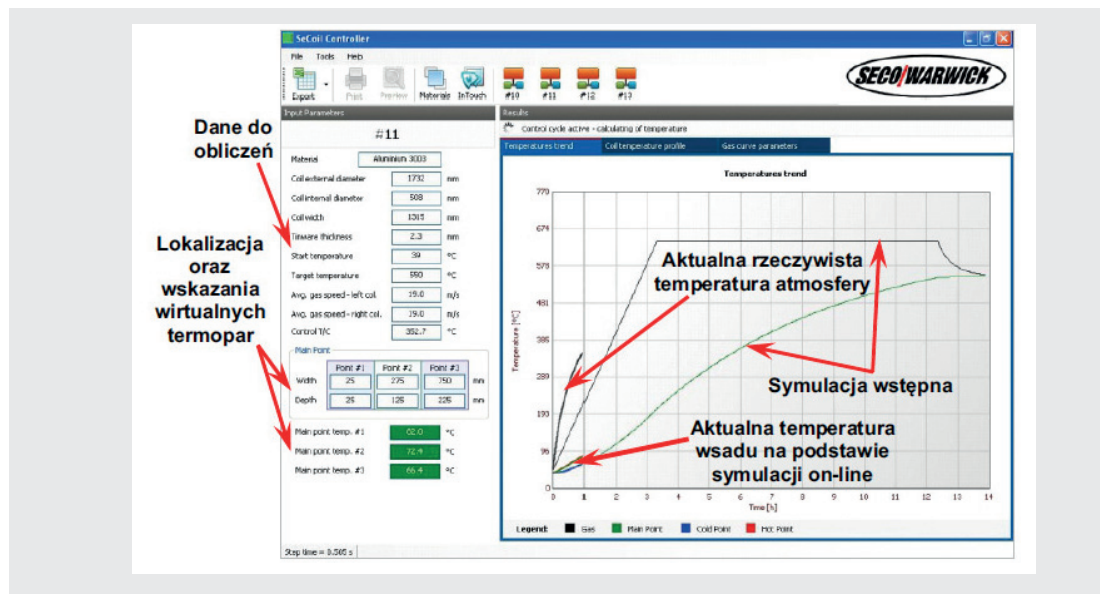


Rys. 4. Okno „Edit Detail” w programie InTouch

3. Po wprowadzeniu danych należy wgrać przygotowaną recepturę do sterownika oraz zaznaczyć opcję, że kontrolę nad procesem ma przejąć program SeCoil.

4. Dane, które zostały wcześniej wprowadzone w programie InTouch są automatycznie ko-

piowane do programu SeCoil (rys.5). Na podstawie wprowadzonych danych oraz parametrów odczytywanych w czasie rzeczywistym (on-line) program wyznacza krzywą temperaturową wsadu w zdefiniowanych przez użytkownika punktach (rys. 6).

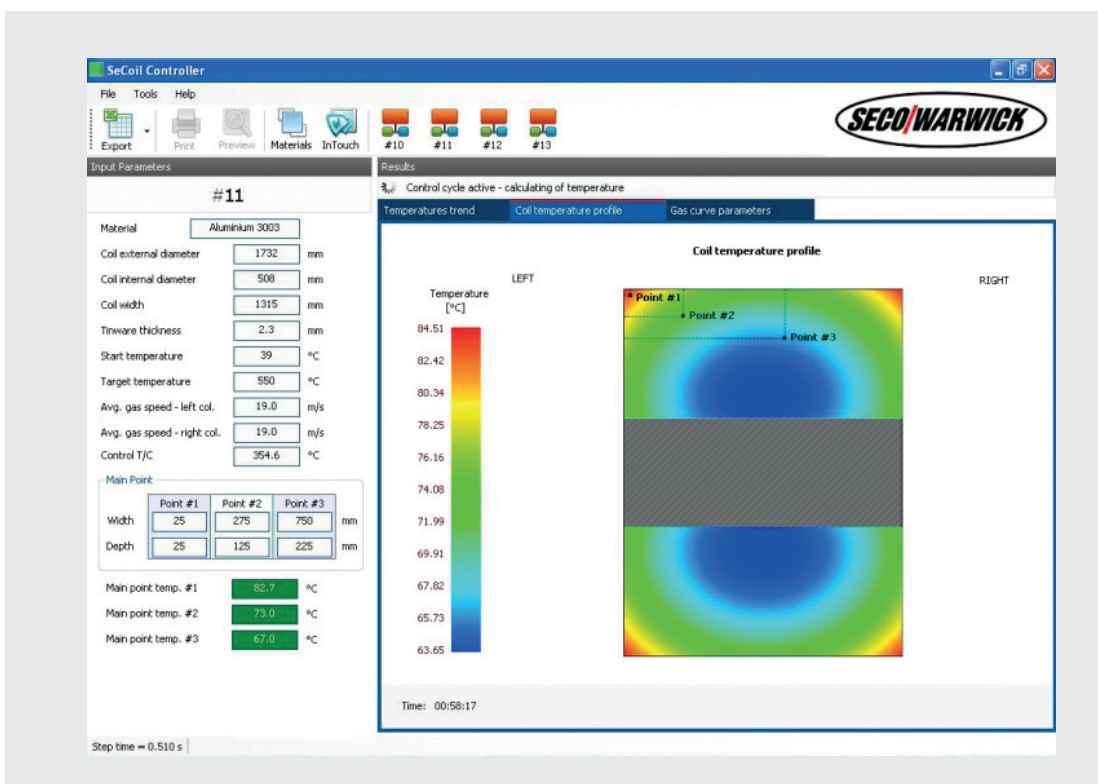


Rys. 5. Okna „Input Parameters” i „Temperatures Trend” w programie SeCoil



Bibliografia

- [1] Raport ASM – Heat Treating Society: The ASM Heat Treating Society 1996 Research & Development Plan. Cleveland. 1995.
- [2] Talerzak J, Kramer C.: High Convection Vortex® Flow – Improved Performance in Coil Annealing. http://www.secowarwick.com.pl/pub/files/Produkty/Artykuly/wszystkie_J_Olejnik/A-AP-3.pdf.
- [3] Piechowicz Ł., Raszewski M., Siemiatowski D.: Model matematyczny procesów cieplnych na podstawie instalacji Vortex® Jet Heating do wyżarzania blachy aluminiowej w kęgach. Piece przemysłowe & kotły, nr 9/10, 2012.



Rys. 6. Okna „Input Parameters” i „Coil Temperature Profile” w programie SeCoil

Podsumowanie

Można wymienić następujące zalety systemu automatycznej regulacji i sterowania procesem wyżarzania kęgów przy użyciu symulatora on-line procesów cieplnych:

- brak konieczności stosowania termoelementów wsadowych,
- wyeliminowanie niedogodności związanych ze stosowaniem termoelementów wsadowych („wentylowanie punktów pomiarowych ,niszczenie brzegów blachy),
- wiedza na temat pola temperatury w przekroju wsadu w dowolnej chwili procesu,
- potencjalne możliwości ograniczenia zużycia energii,
- potencjalne możliwości poprawy jakości gotowego wyrobu.

Program SeCoil wyposażony jest w otwartą bazę danych, w której można zdefiniować własności cieplno-fizyczne danego stopu w funkcji temperatury. Dane te często można pozyskać wyłącznie na drodze eksperymentalnej. Zachodzi zatem konieczność prowadzenia badań w tym zakresie.

Podobny system kontroli oparty na symulatorze on-line można opracować dla innych pieców

do obróbki cieplnej metali, w tym pieców przeznaczonych do homogenizacji odlewniczych stopów aluminium.

Roczna prenumerata dwumiesięcznika

piece PRZEMYSŁOWE & kotły

tylko 110 zł brutto!

prenumeratę można rozpocząć od dowolnego miesiąca (6 edycji)!