



Komputerowe narzędzia wspierające obróbkę cieplną i cieplno-chemiczną

Software tools for heat and thermochemical treatment.

dr inż. Emilia WOŁOWIEC¹, prof. nzw. dr hab. inż. Leszek MAŁDZIŃSKI², dr inż. Maciej KORECKI³



W KILKU SŁOWACH

Rosnące oczekiwania dotyczące jakości i precyzji wykonania produktów sprawiają, że dalszy postęp technologii obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej jest ściśle związany ze stosowaniem komputerowych metod obliczeniowych. Stąd w ostatnich latach obserwuje się rosnące zainteresowanie programami komputerowymi do projektowania i symulacji procesów obróbki cieplno-chemicznej. Właściwie przeprowadzona symulacja redukuje potrzebę prowadzenia eksperymentalnych procesów testowych i prac na rzeczywistych detalach, co daje wymierne oszczędności czasu, energii i kosztów prowadzenia procesów próbnych. Za szczególnie efektywne uważa się symulatory stosowane w hartowniach usługowych pracujących w warunkach niepowtarzalnej produkcji jednostkowej lub krótkoseryjnej. Poniżej przedstawiono przykładowe narzędzia wspierające technologie obróbek cieplnych i cieplno-chemicznych, dostępne na polskim rynku.



SUMMARY

As a result of growing expectations regarding the quality and manufacturing accuracy of products, further advances in the heat and thermochemical treatment technology are closely connected with the use of computer-based computational methods. Consequently, in recent years there has been growing interest in the computer software for the design and simulation of thermochemical treatment processes. A properly executed simulation reduces the need for experimental test processes and analyses of real samples, which in turn provides measurable savings in time, energy, and cost required for testing. Simulators used in heat treatment plants for processing non-repetitive discrete manufacturing processes or short-series productions are considered to be particularly effective. The following article describes a few tools available on the Polish market which have been developed to assist the heat and thermochemical treatment technology.

Uniwersalne piece próżniowe stanowią dziś podstawowe wyposażenie technologiczne wielu hartowni usługowych oraz oddziałów obróbki cieplnej w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym, narzędziowym oraz budowy maszyn. W ostatnim dziesięcioleciu możliwości technologiczne tych pieców zostały istotnie poszerzone o procesy wysokotemperaturowej, niskociśnieniowej obróbki cieplno-chemicznej elementów konstrukcyjnych – głównie nawęglania próżniowego i jego zaawansowanych modyfikacji realizowanych sekwencyjnie w jednym urządzeniu wraz z wysokociśnieniowym hartowaniem w gazach pod wysokim ciśnieniem [1,2,14]. Równoległe do rozwoju sprzętowego postępuje rozwój oprogramowania, umożliwiając pełne i skuteczne wykorzystanie możliwości pieca.

Rosnące oczekiwania dotyczące jakości i precyzji wykonania produktów sprawiają, że dalszy postęp technologii obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej jest ściśle związany ze stosowaniem komputerowych metod obliczeniowych. Tradycyjny sposób dochodzenia do optymalnych własności materiału metodą prób i błędów jest czasochłonny i kosztowny, stąd też obserwuje się rosnące zainteresowanie modelowaniem i symulacjami komputerowymi, które umożliwiają projektowanie własności materiałów inżynierskich oraz przewidywanie ich własności przy jednoczesnej znaczącej redukcji czasu i kosztów badań.

Powyższa sytuacja była bezpośrednią przyczyną podjęcia prac nad programami do projektowania i prowadzenia procesów obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej, takich jak nawęglanie

¹ Politechnika Łódzka,
Instytut Inżynierii Materia-
łowej, ul. Stefanowskiego
1/15, 90-924 Łódź
² Politechnika Poznańska,
Instytut Maszyn Robo-
tycznych i Transportu, ul.
Piotrowo 3, 60-965 Poznań
³ Seco/Warwick S.A., ul.
Sobieskiego 8, 66-200
Świebodzin



i azotowanie próżniowe, azotowanie metodą ZeroFlow czy hartowanie w gazie pod wysokim ciśnieniem.

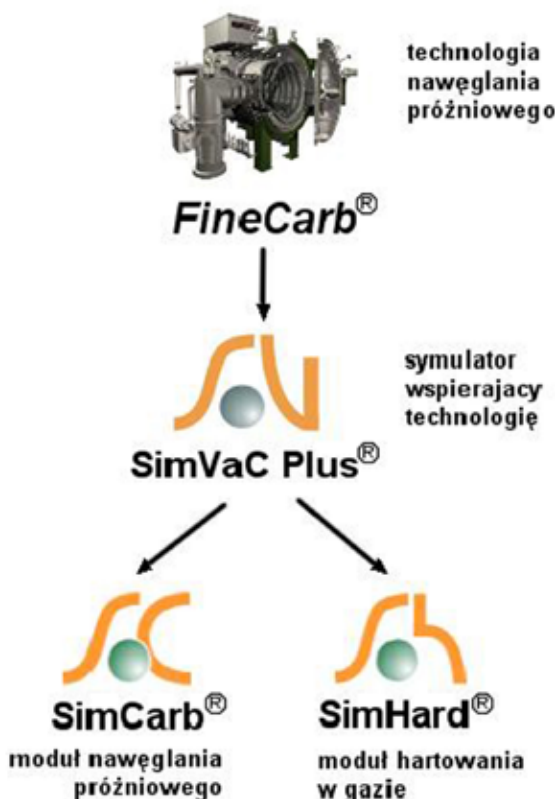
SimVaC Plus - symulator procesu nawęglania próżniowego i hartowania warstwy nawęglonej w gazie pod wysokim ciśnieniem

Program SimVaC Plus® (Simulator Vacuum Carburizing) stanowi integralną część technologii nawęglania próżniowego FineCarb®, opracowaną w ramach współpracy Politechniki Łódzkiej i firmy Seco/Warwick S.A. (Rys. 1). Rozwój systemu i technologii opisano m.in. w pracach [3-12].

Program umożliwia projektowanie procesów nawęglania próżniowego i hartowania w gazie pod wysokim ciśnieniem, jak również analizę i optymalizację tych procesów bez konieczności prowadzenia czasochłonnych i kosztownych procesów testowych [7,13,14,16]. Jest zaawansowanym programem symulacyjnym, składającym się z modułu nawęglania próżniowego SimCarb® i modułu hartowania SimHard® (Rys.2). W zależności od potrzeb użytkownika, przedstawia efekt realizacji zadanego procesu w postaci profilu węgla i profilu twardości warstwy, lub samodzielnie projektuje proces pod kątem zadanych wymagań warstwy.

Podczas obliczeń system uwzględnia szereg parametrów: gatunek stali, kształt i geometrię elementów, wielkość powierzchni wsadu, stężenie węgla na powierzchni, kryterium grubości warstwy, temperaturę nawęglania jak również sekwencję czasów segmentów nasycania i dyfuzji. W dalszej fazie obliczeń uwzględniana jest faza podchłodzenia do hartowania, rodzaj i ciśnienie gazu chłodzącego oraz wielkość pieca, co w rezultacie daje dużą dokładność przewidywań wyników rzeczywistych procesów.

W przypadku elementów o złożonej geometrii, jakimi są elementy uzębione, istnieje potrzeba rozważenia dodatkowych warunków zjawiska. Specyfika elementów uzębionych powoduje, że warstwa nawęglona w elemencie zmienia się w zależności od lokalnej krzywizny kształtu, stąd też w tym przypadku rozważa się pięć strategicznych miejsc zęba elementu (Rys.



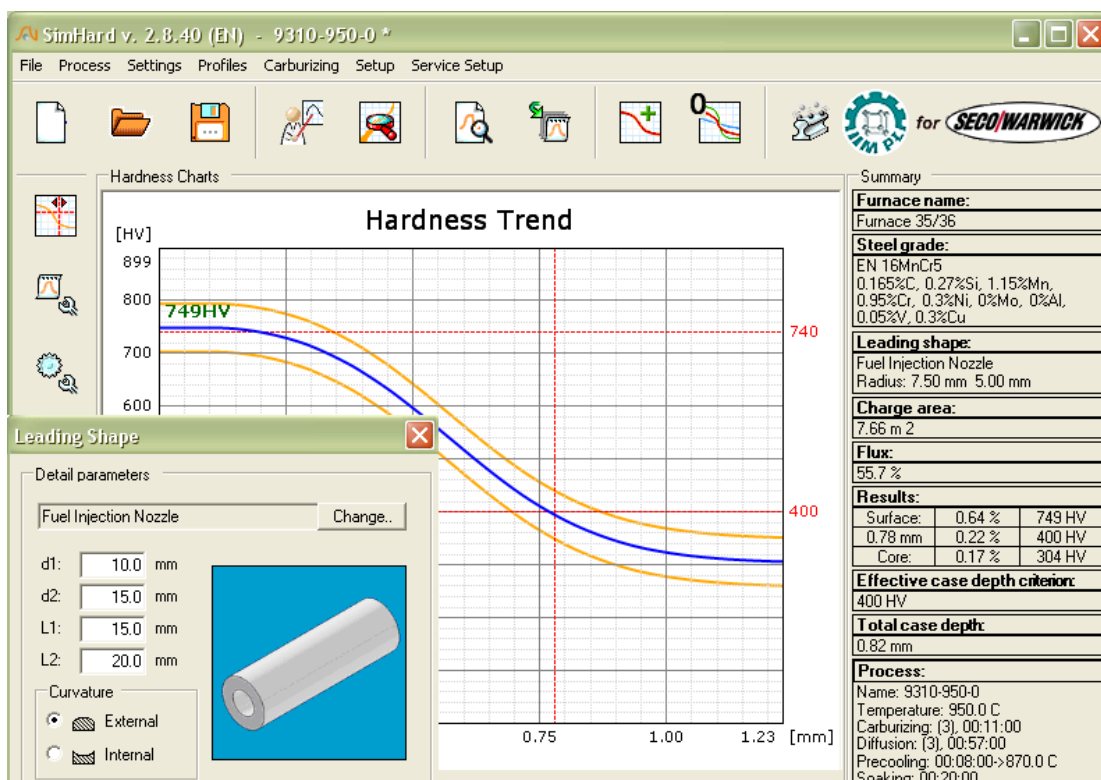
Rys 1. Technologia FineCarb® i produkty wspierające tą technologię.

3): stopa (pkt 1), przypór (pkt 2), głowa (pkt 3), punkt w środku geometrii (pkt 4), punkt w środku podstawy zęba. (pkt 5) [15].

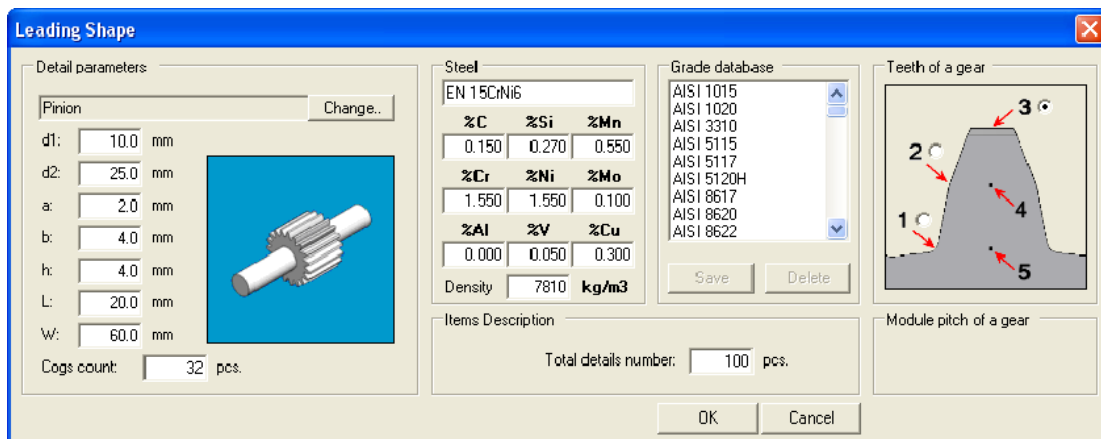
Zaawansowanym etapem rozwoju technologii nawęglania próżniowego FineCarb® jest metoda nawęglania wspomaganą azotowaniem PreNitLPC®, polegająca na podawaniu amoniaku we wstępnej fazie procesu, w etapie nagrzewania elementów do nawęglania. Wprowadzony na tym etapie do warstwy powierzchniowej azot wspomaga proces nawęglania, przyspieszając dyfuzję węgla, zmniejszając tendencje do tworzenia węglików oraz znacząco ograniczając rozrost ziarna austenitu [17-19]. Oznacza to możliwość podniesienia temperatury procesu a w konsekwencji znaczne skrócenie czasu obróbki. Co bardzo ważne, uzyskana warstwa posiada prawidłową mikrostrukturę i własności mechaniczne porównywalne do warstw otrzymanych w procesach tradycyjnych, w niższej temperaturze [16].

Korzystając z doświadczeń zdobytych podczas badań nad technologią PreNitLPC® rozpoczęto prace nad nowym symulatorem, dedykowanym procesom azotowania próżniowego.





Rys 2. Symulator twardości SimHard®.



Rys 3. Parametry elementu zębnego w symulacji procesu hartowania.

SimLPN – symulator azotowania próżniowego

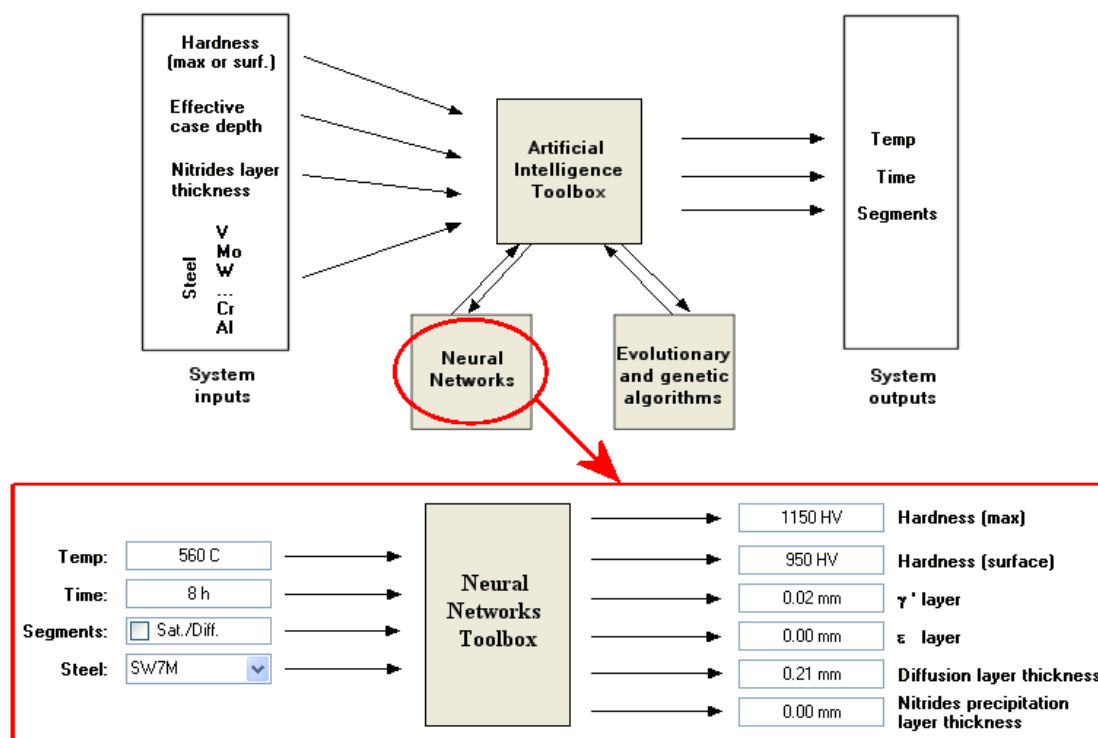
Analogicznie do nawęglania próżniowego, w uniwersalnych piecach próżniowych istnieje możliwość zastosowania azotowania próżniowego (funkcjonuje ono już w metodzie Pre-NitLPC®). Obróbka polega na wprowadzeniu amoniaku do komory pieca w tradycyjnych temperaturach azotowania. Z uwagi na niskie ciśnienia atmosfery azotującej, panujące w piecu HPGQ podczas procesu azotowania próżniowego, metoda ta znajduje swoje główne zastosowanie w obróbce stali narzędziowych.

Jednakże przewidywanie kinematyki przebiegu procesów nierównowagowych (do których zalicza się azotowanie próżniowe) należy do zadań trudnych i wydaje się, że w ich przypadku konieczne jest wsparcie metodami komputerowymi. Dlatego też prowadzone obecnie badania nad azotowaniem próżniowym mają na celu opracowanie technologii azotowania próżniowego w połączeniu z komputerowym systemem wsparcia, zapewniającym przewidywalność tych procesów [20].

Koncepcja symulatora azotowania próżniowego SimLPN (Simulation Low Pressure Nitriding) opiera się na wykorzystaniu metod sztucz-

nej inteligencji (w tym sieci neuronowych), co jest nowoczesnym podejściem do symulowania zjawisk trudno opisywalnych metodami matematycznymi (Rys. 4.). Pozwala ominąć etap tworzenia matematyczno-fizycznego modelu zjawiska i od razu przejść do etapu symulacji własności materiału na podstawie parametrów procesu.

Z punktu wykorzystania eksploatacyjnego wariant drugi jest bardziej interesujący. System pobiera dane wejściowe dotyczące własności elementu: gatunek stali oraz oczekiwane własności warstwy azotowanej po procesie - twardość, grubość warstwy azotowanej, grubość warstwy azotków – a następnie uruchamia moduł obliczeniowy. Algorytm poszukuje procesu,



Rys 4. Schemat symulatora azotowania próżniowego SimLPN.

Funkcjonalnie SimLPN przeznaczony jest do projektowania, symulowania i optymalizacji procesów wielosegmentowego azotowania próżniowego dla elementów wykonanych ze stali narzędziowych. Tym samym umożliwia realizację wielostopniowej technologii azotowania próżniowego FinelPN (Fine Low Pressure Nitriding) jako opcji technologicznej uniwersalnych pieców próżniowych.

Rdzeniem symulatora są dwie odmienne od siebie metody obliczeniowe: sztuczne sieci neuronowe oraz algorytmy ewolucyjne a on sam może pracować w jednym z dwóch wariantów:

1. symulacji właściwości warstwy wierzchniej po procesie zaprojektowanym przez użytkownika
2. wyznaczania parametrów procesu, na podstawie oczekiwanych własności elementu po obróbce.

którego wynikiem jest wytworzenie wskazanych własności warstwy wierzchniej w najkrótszym możliwym czasie. W następnym kroku następuje symulacja procesu azotowania próżniowego w parametrach proponowanych przez sieć i prezentacja pełnej charakterystyki materiału po wskazanym procesie: twardość, grubość warstwy całkowitej, zakresy występowania warstwy białej, warstwy ciemnej, ewentualnej siatki wydzieleń po granicach ziaren. Użytkownik może zaakceptować proponowane parametry technologiczne procesu, lub zażądać nowego poszukiwania.

W chwili obecnej prowadzone są badania warstw azotowanych uzyskanych w procesach eksperymentalnych i które będą stanowiły bazę uczącą dla modułu sieci neuronowych symulatora.



SimZFN – symulator kinetyki wzrostu warstwy azotowanej

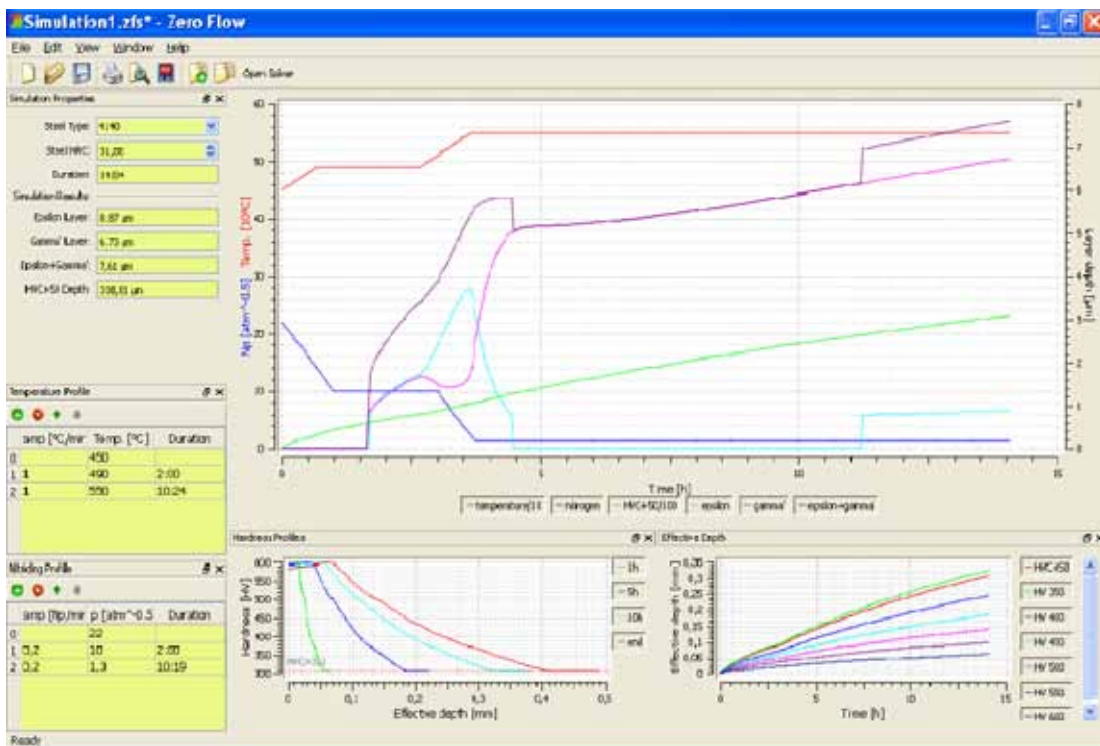
Na Politechnice Poznańskiej opracowano do projektowania procesów azotowania metodą ZeroFlow symulator kinetyki wzrostu warstwy dyfuzyjnej na stalach węglowych i stopowych nazwany SimZFN (Simulation ZeroFlow Nitriding). Pozwala on opisać wzrost grubości całkowitej warstwy oraz występujących w niej strefach ϵ , γ' i strefy dyfuzyjnej α , rozkład twardości na jej przekroju w funkcji parametrów azotowania tj. temperatury (T), potencjału azotowego atmosfery (N_p) i czasu (h). Można go stosować do procesów jednostopniowych (ze stałymi: T i N_p w czasie procesu oraz do bardziej złożonych procesów dwu i kilkustopniowych – ze zmiennymi T i N_p w czasie procesu, a więc do procesów najczęściej stosowanych w praktyce (Rys. 5).

SimZFN umożliwia również optymalizację parametrów T, N_p i h tzn. taki dobór ich wartości, ażeby otrzymać wymaganą warstwę pod względem budowy fazowej, grubości poszczególnych stref/faz, grubości efektywnej i twardości.

Do opracowania symulatora wykorzystano model matematyczny L. Małdzińskiego i współpracowników opracowany na podstawie ponad 25-ciu lat badań doświadczalnych i teoretycznych prowadzonych na Politechnice Poznańskiej, Instytucie Fizyki Ciała Stałego w Dreźnie, Uniwersytecie Technicznym Delft w Holandii, oraz firm Nitrem Metal Inc. z Montrealu i Seco/Warwick Poland ze Świebodzina. Modele te opierają się na klasycznych prawach termodynamiki i kinetyki azotowania [21-24].

G-Quench Pro – symulator hartowania stali narzędziowych w gazie pod wysokim ciśnieniem

Ustalenie zależności między strukturą, procesem technologicznym i własnościami użytkowymi produktu ma kluczowe znaczenie dla poprawnego i optymalnego prowadzenia procesów wytwarzania narzędzi. Potrzeba przewidywania oraz kontroli przebiegu procesu hartowania wielkogabarytowych elementów wykonanych ze stali narzędziowych była bezpośrednią przyczyną opracowania kolejnego symulatora, tym razem dedykowa-



Rys. 5. Symulator kinetyki wzrostu warstwy azotowanej SimZFN

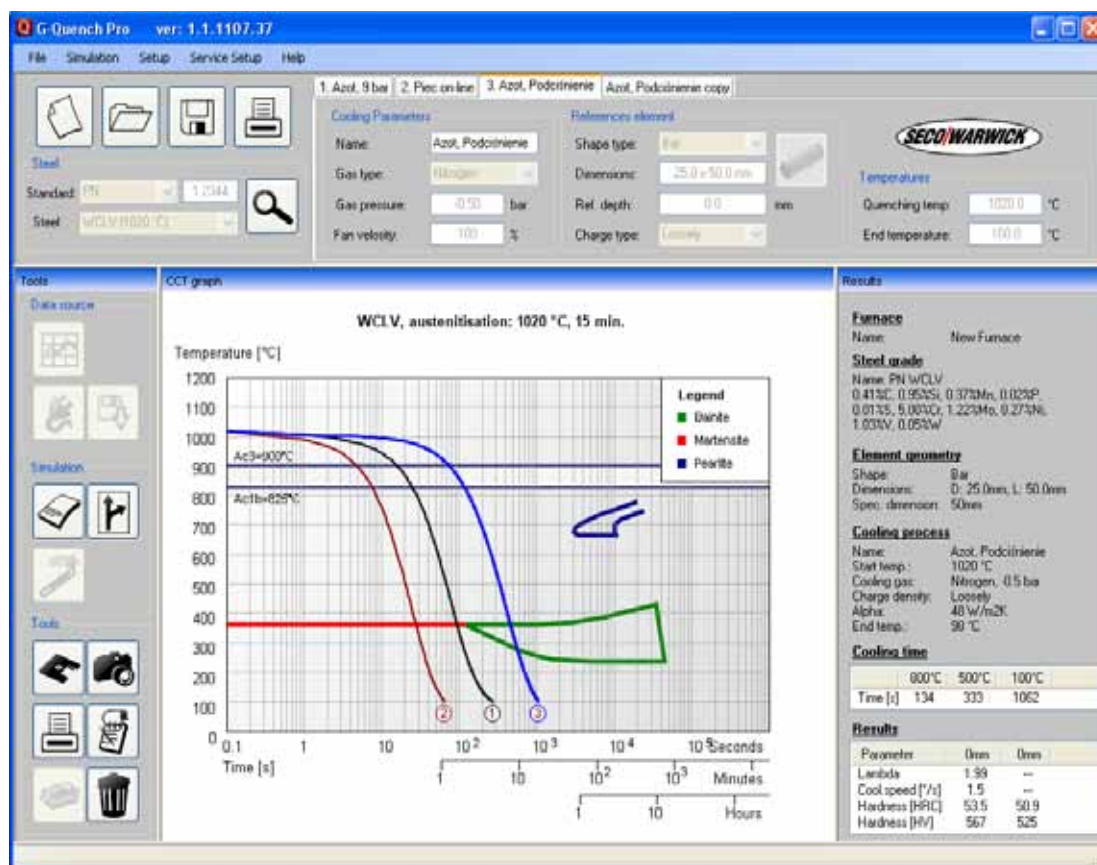
nego procesom hartowania stali narzędziowych w gazach pod wysokim ciśnieniem [20, 25, 26].

Program G-Quench Pro (Gas Quenching Simulator) (Rys. 6) służy do symulacji i kontroli przebiegu procesu hartowania stali narzędziowych w gazie, również pod wysokim ciśnieniem, redukując potrzebę przeprowadzania procesów testowych. Podstawy matematyczne procesu chłodzenia oraz zależności twardości materiału od czasu chłodzenia zostały opracowane na podstawie badań przeprowadzonych w Politechnice Łódzkiej i firmie Seco/Warwick S.A. oraz na podstawie dostępnych danych literaturowych.

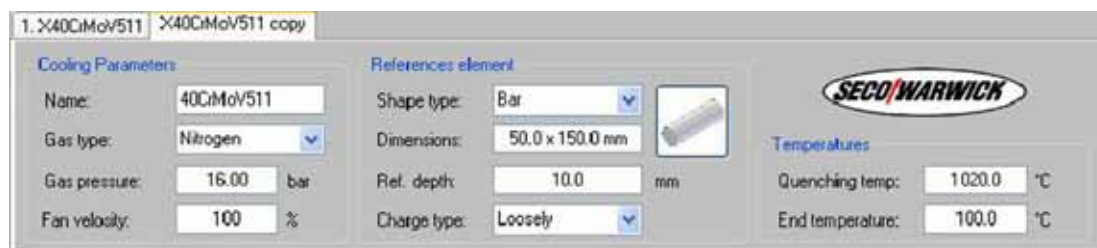
Symulacja procesu przebiega według parametrów określonych przez użytkownika. Istotnym etapem jest określenie materiału, dla którego będą symulowane procesy hartowania, ponieważ na tej podstawie program określa właściwy wykres fazowy stali. W następnym kroku określone są parametry chłodzenia: ciśnienie i rodzaj gazu chłodzącego, szybkość obrotów wentylatora, gęstość upakowania elementów w komorze chłodzącej oraz temperatura z której rozpoczynane jest hartowanie (Rys. 7). Na wynik symulacji znaczący wpływ ma element poddawany obróbce, stąd uwzględniane są zarówno wymiary elementu, jak i jego krzywizna.

Literatura

1. J. Olejnik: Vacuum furnaces with high pressure charge cooling. Metallurgy 3/2002.
2. M. Korecki: Technical properties of the gas quenching module. Seminar SWL Multi-Chamber Vacuum Carburizing System, 2005.
3. P. Kula, Ł. Kolodziejczyk, M. Górecki, A. Rzepkowski, A. Rzepkowski, A. Krasieński, K. Dybowski, D. Siniarski: Komputerowe wspomaganie procesu nawęglania próżniowego. VI Seminarium Grupy Seco/Warwick Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej, Bukowy Dworek 2002.
4. P. Kula, M. Górecki, Ł. Kolodziejczyk, D. Siniarski, J. Olejnik: FineCarb – inteligentny system nawęglania próżniowego. VII Seminarium Grupy Seco/Warwick Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej, Bukowy Dworek 2003.
5. P. Kula, R. Pietrasik: Nawęglanie próżniowe stali w atmosferze etylen-acetylen-wodór – chemia procesu. VIII Seminarium Grupy Seco/Warwick Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej, Bukowy Dworek 2004.
6. D. Siniarski, P. Kula, Ł. Kaczmarek, R. Pietrasik, K. Dybowski, E. Wołowicz: Rozwój wspomaganie komputerowego w aplikacjach procesów dyfuzyjnych na przykładzie oprogramowania SimVac. X Seminarium Grupy Seco/Warwick Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej, Bukowy Dworek 14.09.2006.
7. P. Kula, D. Siniarski, M. Krasowski, M. Korecki: Doświadczenia technologii węglazotowania próżniowego FineCarb. XI Seminarium Grupy Seco/Warwick Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej, Bukowy Dworek 4.10.2007.
8. M. Korecki, J. Olejnik, R. Gorockiewicz: Rozwój pieców HPQ na przykładzie aplikacji nawęglania próżniowego FineCarb, obróbki cieplnej stali HSLA oraz nowoczesnej obróbki cieplnej narzędzi. XI Seminarium Grupy Seco/Warwick Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej, Bukowy Dworek 4.10.2007.
9. Kula, R. Atraszkiewicz: Symulator twardości SimHard – postępy w oprogramowaniu nawęglania próżniowego FineCarb. XI Seminarium Grupy Seco/Warwick Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej, Bukowy Dworek 2007.
10. M. Bazel, J. Olejnik, M. Korecki: Precyzyjna technologia nawęglania próżniowego FineCarb w procesach wielostopniowych. XII Seminarium Grupy Seco/Warwick Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej, Bukowy Dworek 25.09.2008.
11. E. Wołowicz, K. Dybowski, and R. Atraszkiewicz: SimVaC – zaawansowane możliwości oprogramowania nawęglania próżniowego FineCarb. XII Seminarium Grupy Seco/Warwick Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej, Bukowy Dworek 25.09.2008.
12. M. Korecki, J. Olejnik, Z. Szczerba, M. Bazel, R. Atraszkiewicz: Piec Seco/Warwick 25VPT i jego nowe możliwości technologiczne z hartowaniem w azocie i helu przy ciśnieniu 25 bar. XIII Seminarium Grupy Seco/Warwick Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej, Bukowy Dworek 22-23.09.2010.
13. P. Kula, R. Atraszkiewicz, E. Wołowicz: Modern gas quenching Chambers supported by SimVac Plus Hardness application, Heat Treating 2008.



Rys 6. Okno główne programu G-Quench Pro.



Rys 7. Okno parametrów procesu hartowania.



14. P. Kula, M. Korecki, R. Pietrasik, E. Wołowicz, K. Dybowski, Ł. Kołodziejczyk, R. Atraszkiewicz, M. Krasowski: FineCarb®-the flexible system for low pressure carburizing. New options and performance. Konferencja IFHTSE Kobe Japan 2008.
15. P. Kula, R. Atraszkiewicz, E. Wołowicz: Komputerowe wyznaczanie twardości warstwy wierzchniej w kołach zębatych po procesie nawęglania próżniowego i hartowania gazowego. Inżynieria Materiałowa 4 (176) 2010, pp. 1053-1055.
16. P. Salabová, O. Prikner: Low pressure carburizing - practical experiences. PRIKNER – tepelné zpracování kovu, s.r.o. The Czech Republic 2010.
17. P. Kula, D. Siniarski, M. Krasowski, M. Korecki: Technologia PreNitLPC® - nowe możliwości nawęglania stali. XII Seminarium Grupy Seco/Warwick Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej, Bukowy Dworek 25.09.2008.
18. P. Kula, M. Korecki, J. Olejnik, R. Pietrasik, E. Wołowicz: Low Pressure Nitriding - FineLPN – the New Option for LPC + HPGQ Vacuum Furnaces, Furnaces North America, Orlando 2010
19. P. Kula, R. Pietrasik, K. Dybowski, M. Krasowski, S. Pawęta, M. Korecki: PreNitLPC – zaawansowana technologia wysokotemperaturowego nawęglania próżniowego – efekty i zastosowania. XIII Seminarium Grupy Seco/Warwick Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej, Bukowy Dworek 22-23.09.2010.
20. M. Korecki, J. Olejnik, P. Kula: New Capabilities in HPGQ Vacuum Furnaces. Industrial Heating 03/2011.
21. L. Małdziński, J. Tacikowski: Concept of fan economical and ecological process of gas nitriding of steel. HTM 61(2006).
22. L. Małdziński: Controlled Nitriding using a ZeroFlow® Process. HeatTreating Progress 08 2007.
23. L. Małdziński, M. Bazel, M. Korecki, A. Miliszewski, T. Przygoński: Industrial experiences with controlled Nitriding using a ZeroFlow® metod. HeatTreating Progress 07/08 2009.
24. L. Małdziński: Termodynamiczne, kinetyczne i technologiczne aspekty wytwarzania warstwy azotowanej na żelazie i stalach w procesach azotowania gazowego. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Seria Rozprawy Nr 373, Poznań, 2002.
25. E. Wołowicz, P. Kula, M. Korecki, J. Olejnik: Simulation and Control of Tool Steel Quenching Process, 25th European Conference on Modelling and Simulation, Kraków 2011.
26. M. Korecki, J. Olejnik, M. Bazel, P. Kula, R. Pietrasik, E. Wołowicz: Multi-purpose LPC+LPN+HPGQ 25 bar N₂/He Single Chamber Vacuum Furnaces, 3rd International Conference on Heat Treatment and Surface Engineering of Tools and Dies, Wels, Austria 2011.

Bezpośrednim rezultatem symulacji jest wyznaczenie przebiegu krzywej chłodzenia dla danego materiału w określonych warunkach. W połączeniu z wykresem fazowym, krzywa ta daje informację o fazach, przez które przejdzie materiał podczas obróbki. Ostatecznym efektem symulacji jest określenie przewidywanej wynikowej twardości materiału.

Indywidualne parametry urządzenia hartującego w dużym stopniu determinują rzeczywisty przebieg procesu sprawiając, że te same parametry ustawione na dwóch różnych urządzeniach mogą dać w wyniku różnie zahartowane stale. Z tego powodu zapewniono możliwość konfiguracji programu G-Quench Pro pod kątem konkretnego przypisanego mu urządzenia fizycznego. Spowoduje to uwzględnienie charakterystyki indywidualnej pieca przy obliczaniu wynikowych własności produktu.

Równolegle do funkcjonalności predykcyjnej rozwinięto funkcje monitorujące przebieg rzeczywistego procesu hartowania. W trybie monitora program wymaga połączenia z piecem, poprzez zainstalowanie go na piecu lub połączenie zdalne między komputerem pieca i komputerem na którym pracuje program. G-Quench Pro współpracuje z oprogramowaniem urządzenia, pobierając od niego informacje o temperaturze aktualnie panującej w komorze pieca lub w elemencie obrabianym. O lokalizacji miejsca, z którego odczytywana jest temperatura decyduje użytkownik.

W kolejnych chwilach czasowych na krzywą chłodzenia wyznaczaną przez symulator nakładana jest krzywa będąca rzeczywistym zapisem procesu. W ten sposób następuje bieżąca weryfikacja poprawności przebiegu hartowania. Należy zaznaczyć, że program ma możliwość symulacji i kontroli nie tylko hartowania, ale każdego ogólnie pojętego procesu chłodzenia.

W chwili obecnej program przechodzi etap kompleksowej weryfikacji pod kątem zgodności symulacji z procesami rzeczywistymi, po którym planowane jest komercyjne wdrożenie aplikacji na urządzeniach pracujących w warunkach przemysłowych oraz dalszy rozwój programu. Dotychczas

przeprowadzone badania wykazują zgodność symulacji z rzeczywistymi krzywymi chłodzenia potwierdzając, że program G-Quench Pro jest w pełni funkcjonalnym narzędziem do projektowania i analizy procesów hartowania detali w gazie, zdolnym dopasować się do konkretnego urządzenia.

Podsumowanie

W przemyśle światowym obserwowane jest realne zapotrzebowanie na symulatory przebiegu procesów obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej. Dotyczy to nowoczesnych hartowni usługowych, oddziałów obróbki cieplnej w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym, narzędziowym oraz budowy maszyn. Uniwersalne piece próżniowe stanowią podstawowe wyposażenie technologiczne tych zakładów a ich konstrukcje są stale rozwijane pod kątem funkcjonalnym, wydajnościowym i ekonomicznym. Wraz z rozwojem urządzeń do obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej rozszerza się zakres ich zastosowań, stąd konieczny staje się odpowiednio szybki rozwój wsparcia funkcji technologicznych np. symulatorami, będących dla nich narzędziem do modelowania i projektowania procesów a w konsekwencji do optymalnego sterowania produkcją.

Stosowanie symulacji komputerowych do przewidywania rezultatów procesów obróbki cieplno-chemicznej cieszy się coraz większym zainteresowaniem i zaufaniem branż przemysłowych, ponieważ systemy symulacji redukują potrzebę prowadzenia eksperymentalnych procesów testowych i prac na rzeczywistych detalach. Daje to wymierne oszczędności czasu, energii i generalnie kosztów prowadzenia procesów próbnych.

Symulatory są szczególnie efektywne w hartowniach usługowych pracujących w warunkach niepowtarzalnej produkcji jednostkowej lub krótkoseryjnej

Nowe programy wspierające produkty firmy Seco/Warwick nadążają za najnowszym stanem wiedzy w dziedzinie inżynierii materiałowej i zachowują pełną kompatybilność z jej urządzeniami do obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej.

