



NA WARSZTACIE

MINIATUROWY PIEC HARTOWNICZY — Ludwik Ossowski ● Jak zostać krótkofalowcem (2): **BUDUJEMY KONWERTER** — mgr inż. Witold Kozak ● **CZYSZCZENIE EKSPONATÓW METALOWYCH** — mgr Stefan Sękowski ● **OPRAWIAMY OBRAZY** — mgr inż. Jerzy Kostrzewski

MINIATUROWY PIEC HARTOWNICZY

Podczas rozwiązywania różnych problemów technicznych zachodzi nieraz konieczność przeprowadzenia obróbki cieplnej wykonanego narzędzia lub części mechanizmu. Do przeprowadzania takich operacji technologicznych, jak hartowanie czy wyżarzanie, zbudujemy prosty miniaturowy piec hartowniczy, wykonać go mogą nawet początkujący majsterkowicze.

Piec składa się z komory grzejnej, warstwy ogniodpornej, obudowy, przykrywy i przewodów zasilających. Do budowy pieca przygotowujemy następujące materiały:

- wkładkę grzejną do lutownicy elektrycznej o mocy 250 do 400 W, najlepiej starego typu w obudowie porcelanowej,
- dwie puszki po konserwach (450 do 500 g) o średnicy około 90 mm,
- bolce grzejne stosowane w urządzeniach gospodarstwa domowego,
- 15 koralików stosowanych w urządzeniach grzejnych,
- sól kuchenną,
- kawałek blachy stalowej grubości 0,5 do 1,5 mm.

Pracę rozpoczniemy od oczyszczenia puszek po konserwach. Ostre krawędzie pozostale po wyciętych przykrywkach wygładzimy za pomocą drobno nacię-

tego, półokrągłego pilnika. Następnie w jednej z puszek wywiercimy dwa otwory o \varnothing 12 mm w odstępnie 19 mm jeden od drugiego. Pierwszy otwór wywiercimy w odległości 15 mm od dna, a gotowe otwory poprawimy okrągłym pilnikiem, dopasowując do nich porcelanki bolców grzejnych.

Następnie zmontujemy bolce grzejne uważając na poprawne odizolowanie ich od puszek za pomocą porcelanek. Nakrętki mocujące każdego bolca dokręcimy płaskim kluczem lub płaskoszcypkami tak, aby bolce trzymały się sztywno. Pomiędzy porcelankami a ścianką puszek nie powinno być luzów, nie należy jednak dokręcać nakrętek z nadmierną siłą, aby nie zniszczyć porcelanek izolacyjnych.

Po wmontowaniu bolców, w środkowej części puszek umieścimy pionowo wkładkę lutowniczą, jej wyprowadzenia od spirali grzejnej przedłużymy drutem oporowym lub miękkim stalowym. Do przedłużenia wyprowadzeń bardzo dobry jest drut ze spirali 800 W złożony podwójnie.

Na przewody, między wkładką grzejną a bolcami nałożymy izolacyjne koraliki porcelanowe (nr 4—6) i dokonamy podłączenia wkładki do bolców (rys. 1).

Teraz z kawałka blachy o wymiarach 90×90 mm wytniemy kółko o średnicy ściśle pasującej do wnętrza puszeki. W środkowej części krążka wypilujemy otwór o średnicy o jeden mm większej niż średnica wkładki grzejnej. Wolną przestrzeń między wkładką a obudową z puszki wypełnimy masą ogniotrwłą. W tym celu jedną część tłustej gliny wymieszamy z taką samą ilością sproszkowanej glinki szamotowej. W razie braku glinki szamotowej możemy uzyskać ją z rozbitej i sproszkowanej cegły szamotowej. Do mieszaniny gliny dodamy stołową łyżkę soli kuchennej i zarobimy ją wodą na masę nieco rzadszą od kitu. Dobrze wyrobioną masą wypełnimy wszystkie wolne miejsca w puszcze, a na jej wierzch nałożymy przygotowany uprzednio krążek z blachy. Zamocowania krążka dokonamy przez zagięcie ścianek puszki (rys. 2). Wylepiony piec poddamy powolnemu suszeniu, w ciepłym i suchym miejscu; np. w pomieszczeniu z centralnym ogrzewaniem piec wysycha po około 8 dniach. Suszenie możemy przyspieszyć wkładając urządzenie do lekko podgrzewanego piekarnika.

Gdy zewnętrzne ogledziny wskazują, że masa wyschła, piec włączamy do sieci za pomocą sznura grzejnego od żelazka do prasowania. Jeżeli po rozgrzaniu z pieca znacznie wydzielają się para w znacznych ilościach, należy odłączyć zasilanie, a po ostygnięciu włączyć je ponownie i zabieg ogrzewania powtarzać do całkowitego wysuszenia masy ogniotrwłej.

Po całkowitym wysuszeniu włączymy piec na jedną do dwóch godzin w celu wypalenia masy ogniotrwłej.

Przy zastosowaniu wkładki o mocy 250 W pobór prądu wyniesie około 1,2 A, górna granica temperatury wewnątrz komory grzejnej 950°C . Maksymalna średnica nagrzewanych prętów nie powinna przekraczać 10 mm.

Miniaturowy piec hartowniczy jest bardzo pożytecznym urządzeniem w pracowni amatorskiej, ale pełne i właściwe jego wykorzystanie i uzyskanie prawi-

idłowych wyników technologicznych obróbki termicznej nagrzewanych materiałów uwarunkowane jest przyswojeniem sobie przez wykonawcę tych czynności podstawowej wiedzy o termicznej obróbce wyrobów stalowych, o zachodzących zmianach w krystalicznej strukturze stali podczas ogrzewania, studzenia powolnego i studzenia szybkiego.

Na rys. 3 przedstawiona została struktura krystaliczna żelaza i stali oraz umiejscowienie atomów węgla w tej strukturze.

Zachodzące zmiany w budowie strukturalnej stali ilustruje uproszczony wykres układu żelazo węgla (rys. 4). Wykres będzie pomocny w celu przeprowadzenia różnych zabiegów obróbki termicznej, pomoże nam również w zrozumieniu i rozwiązywaniu różnych problemów związanych z używaniem narzędzi i urządzeń potrzebnych na co dzień.

Stop, w którym zawartość węgla występuje w granicach od 0,05% do 1,75%, nosi nazwę stali.

Ferryt zaś to struktura krystaliczna, składająca się z czystego żelaza; jest to materiał miękki, plastyczny. Nie należy utożsamiać go z laskami ferrytowymi produkowanymi na anteny radiowe.

Perlit są to ziarna strukturotwórcze (nieco zniekształcone kryształy w czasie stygnięcia) składające się z czystego żelaza zawierającego atomy węgla.

Cementyt to węgiel żelaza, w skład jego oprócz czystego żelaza wchodzi około 6% węgla. Cementyt odznacza się dużą twardością, kruchością i małą plastycznością.

Austenit jest to stały roztwór węgla w żelazie, na wykresie występuje całkowicie powyżej linii wyznaczonej przez litery GSE, a zaczyna się pojawiać od temperatury 723°C linia PSK. Żelazo w zakresie temperatur ograniczonych liniami GSE i PSK jest ciałem stałym, utrzymuje ono swą postać krystaliczną, atomy węgla gubią swe położenie w kryształach i występują jako roztwór.

Liczby z lewej strony wykresu, od 0 do 1200°C , oznaczają temperaturę grza-

nia stali w stopniach Celsjusza. Liczby umieszczone pod wykresem od 0 do 1,75 oznaczają zawartość procentową węgla w stali.

Linia oznaczona literami PSK zwana jest dolną temperaturą krytyczną (723°C). Od tej linii wzwyż każda stal niezależnie od zawartości procentowej węgla zaczyna rozpuszczać perlit, który przechodzi do stałego roztworu.

Stale, zawarte w przedziale od lewej strony wykresu do pionowej linii przerywanej biegnącej od S w dół, noszą nazwę podutektoidalnych, zawartość węgla w tych stalach waha się od 0,05% do 0,8%.

Na linii pionowej przerywanej występuje stal zwana eutektoidalną, zawiera ona nieco więcej niż 0,8% węgla, struktura jej jest perlityczna.

Od pionowej kreski przerywanej, w prawo występują stale nadeutektoidalne. Zawartość procentowa węgla w tych stalach waha się w granicach nieco ponad 0,8% do 1,75%.

W trójkątach ograniczonych literami GSP i ESK następuje przemiana krystaliczna, wydzielanie się węgla z ziarn perlitu, który wchodzi do stałego roztworu w żelazie. Przy podwyższeniu temperatury żelazo alfa przechodzi w żelazo gamma, które ma zdolność rozpuszczania węgla wchodzącego w skład stałego roztworu.

Wykres b pokazuje, jak w stali zwiększa się ilość perlitu w zależności od zawartości węgla.

Ze zwiększaniem ilości procentowej perlitu rośnie twardość stali. W stopach stalowych, w których zawartość węgla wzrasta powyżej 0,8%, zaczyna pojawiać się bardzo twardy cementyt. Wykresy przedstawione na rys. 4 ograniczone zostały częściowo barwną linią. Pole wykresów ograniczone tą linią — to zakres działania naszego pieca hartowniczego.

Stale o zawartości węgla od 0,1 do 1,3% będziemy mogli prawidłowo obrabiać wg wskazań technologicznych. Przyjrzyjmy się linii oznaczonej na wykresie literami PSK, która znajduje się

na wysokości odpowiadającej temperaturze 723°C . Do tej temperatury żelazo prawie wcale nie rozpuszcza węgla zawartego w ziarnach perlitu.

W stalach podutektoidalnych temperatura topnienia perlitu uzależniona jest od zawartości procentowej węgla i jest tym niższa, im stal więcej zawiera węgla. W stalach nadeutektoidalnych temperatura topnienia cementytu zależy również od zawartości węgla, lecz rośnie ze zwiększaniem zawartości procentowej węgla. Jeżeli teraz zastanowimy się nad tym, co dzieje się z budową krystaliczną stali, to z wykresu widać, że w stalach podutektoidalnych przy wzroście temperatury do 723°C ferryt i perlit zachowują swoją strukturę krystaliczną — ziarnistą. Temperatura 723°C jest temperaturą krytyczną, od której wzwyż następuje przemiana żelaza alfa w żelazo gamma. Całkowita przemiana perlitu przebiega wzdłuż linii GS. W temperaturach powyżej linii GS aż do temperatury topnienia stali utrzymuje się struktura austenistyczna. Jeżeli stal nagrzana powyżej linii GS będziemy powoli studzić, to z austenitu wykrystalizują perlit i ferryt, kończąc krystalizację w temperaturze 723°C . Poniżej tej temperatury stal będzie stygnąć zachowując nadal powstałą strukturę.

W stalach nadeutektoidalnych zjawiska przemian strukturalnych zachodzą będą w analogiczny sposób. Linia łamana GSE wskazuje, że przemiany strukturalne zachodzą najszybciej w stalach o zawartości węgla w pobliżu 0,8%.

Nieco inne zjawiska zachodzą będą w strukturze krystalicznej stali, jeżeli podgrzejemy ją powyżej linii GSE i ostudzimy bardzo szybko, np. w zimnej wodzie. Jeżeli chłodzenie następuje bardzo szybko, to węgiel nie zdąży wykrystalizować w postaci perlitu. Stal ostudzona szybko poniżej 200°C pozostaje przez krótką chwilę w stanie stałego roztworu. Zjawisko to nosi nazwę przechłodzenia. Stan przechłodzenia stali jest krótkotrwały i trwa niczym ułamek sekundy, po

Teraz z kawałka blachy o wymiarach 90×90 mm wytniemy kółko o średnicy ściśle pasującej do wnętrza puszk. W środkowej części krążka wypilujemy otwór o średnicy o jeden mm większej niż średnica wkładki grzejnej. Wolną przestrzeń między wkładką a obudową z puszki wypełnimy masą ogniotrwałą. W tym celu jedną część tłustej gliny wymieszamy z taką samą ilością sproszkowanej glinki szamotowej. W razie braku glinki szamotowej możemy uzyskać ją z rozbitej i sproszkowanej cegły szamotowej. Do mieszaniny gliny dodamy stołową łyżkę soli kuchennej i zarobimy ją wodą na masę nieco rzadszą od kitu. Dobrze wyrobioną masę wypełnimy wszystkie wolne miejsca w puszcze, a na jej wierzch nałożymy przygotowany uprzednio krążek z blachy. Zamocowania krążka dokonamy przez zagięcie ścianek puszki (rys. 2). Wylepiony piec poddamy powolnemu suszeniu, w ciepłym i suchym miejscu; np. w pomieszczeniu z centralnym ogrzewaniem piec wysycha po około 8 dniach. Suszenie możemy przyspieszyć wkładając urządzenie do lekko podgrzewanego piekarnika.

Gdy zewnętrzne oględziny wskazują, że masa wyschła, piec włączamy do sieci za pomocą sznura grzejnego od żelazka do prasowania. Jeżeli po rozgrzaniu z pieca zacznie wydzielać się para w znacznych ilościach, należy odłączyć zasilanie, a po ostygnięciu włączyć je ponownie i zabieg ogrzewania powtarzać do całkowitego wysuszenia masy ogniotrwałej.

Po całkowitym wysuszeniu włączymy piec na jedną do dwóch godzin w celu wypalenia masy ogniotrwałej.

Przy zastosowaniu wkładki o mocy 250 W pobór prądu wyniesie około 1,2 A, górna granica temperatury wewnątrz komory grzejnej 950°C . Maksymalna średnica nagrzewanych prętów nie powinna przekraczać 10 mm.

Miniaturowy piec hartowniczy jest bardzo pożytecznym urządzeniem w pracowni amatorskiej, ale pełne i właściwe jego wykorzystanie i uzyskanie prawi-

diowych wyników technologicznych obróbki termicznej nagrzewanych materiałów uwarunkowane jest przyswojeniem sobie przez wykonawcę tych czynności podstawowej wiedzy o termicznej obróbce wyrobów stalowych, o zachodzących zmianach w krystalicznej strukturze stali podczas ogrzewania, studzenia powolnego i studzenia szybkiego.

Na rys. 3 przedstawiona została struktura krystaliczna żelaza i stali oraz umiejscowienie atomów węgla w tej strukturze.

Zachodzące zmiany w budowie strukturalnej stali ilustruje uproszczony wykres układu żelazo-węgiel (rys. 4). Wykres będzie pomocny w celu przeprowadzenia różnych zabiegów obróbki termicznej, pomoże nam również w zrozumieniu i rozwiązywaniu różnych problemów związanych z używaniem narzędzi i urządzeń potrzebnych na co dzień.

Stop, w którym zawartość węgla występuje w granicach od 0,05% do 1,75%, nosi nazwę stali.

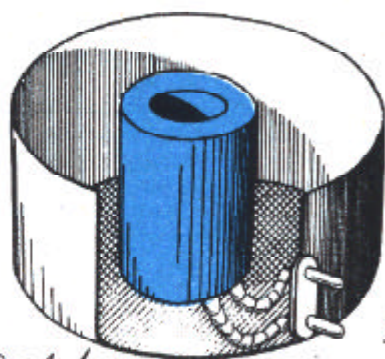
Ferryt zaś to struktura krystaliczna, składająca się z czystego żelaza; jest to materiał miękki, plastyczny. Nie należy utożsamiać go z laskami ferrytowymi produkowanymi na anteny radiowe.

Perlit są to ziarna strukturotwórcze (nieco zniekształcone kryształy w czasie stygnięcia) składające się z czystego żelaza zawierającego atomy węgla.

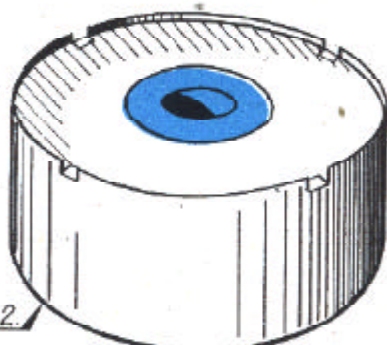
Cementyt to węgiel żelaza, w skład jego oprócz czystego żelaza wchodzi około 6% węgla. Cementyt odznacza się dużą twardością, kruchością i małą plastycznością.

Austenit jest to stały roztwór węgla w żelazie, na wykresie występuje całkowicie powyżej linii wyznaczonej przez litery GSE, a zaczyna się pojawiać od temperatury 723°C linia PSK. Żelazo w zakresie temperatur ograniczonych liniami GSE i PSK jest ciałem stałym, utrzymuje ono swą postać krystaliczną, atomy węgla gubią swe położenie w kryształach i występują jako roztwór.

Liczby z lewej strony wykresu, od 0 do 1200°C , oznaczają temperaturę grza-



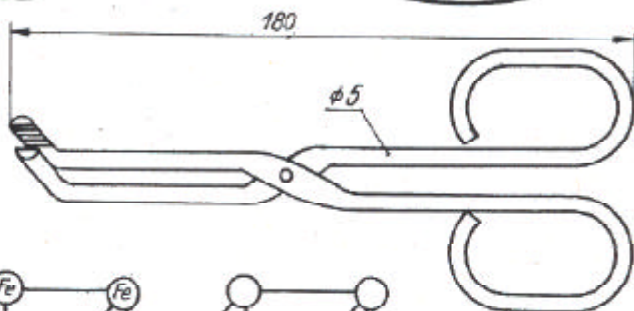
Rys. 1.



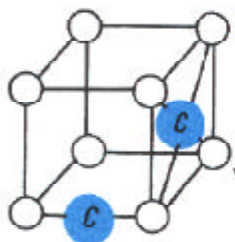
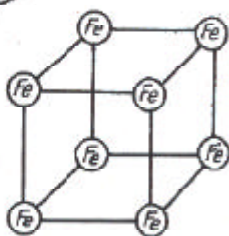
Rys. 2.



Rys. 5.



Rys. 6.



Rys. 3.

czym następuje gwałtowne wyrzucenie węgla z przechłodzonego stałego roztworu, węgiel zostaje rozproszony w żelazie alfa. Stal przybiera charakterystyczną dla takiego stanu budowę zwaną martenzytem.

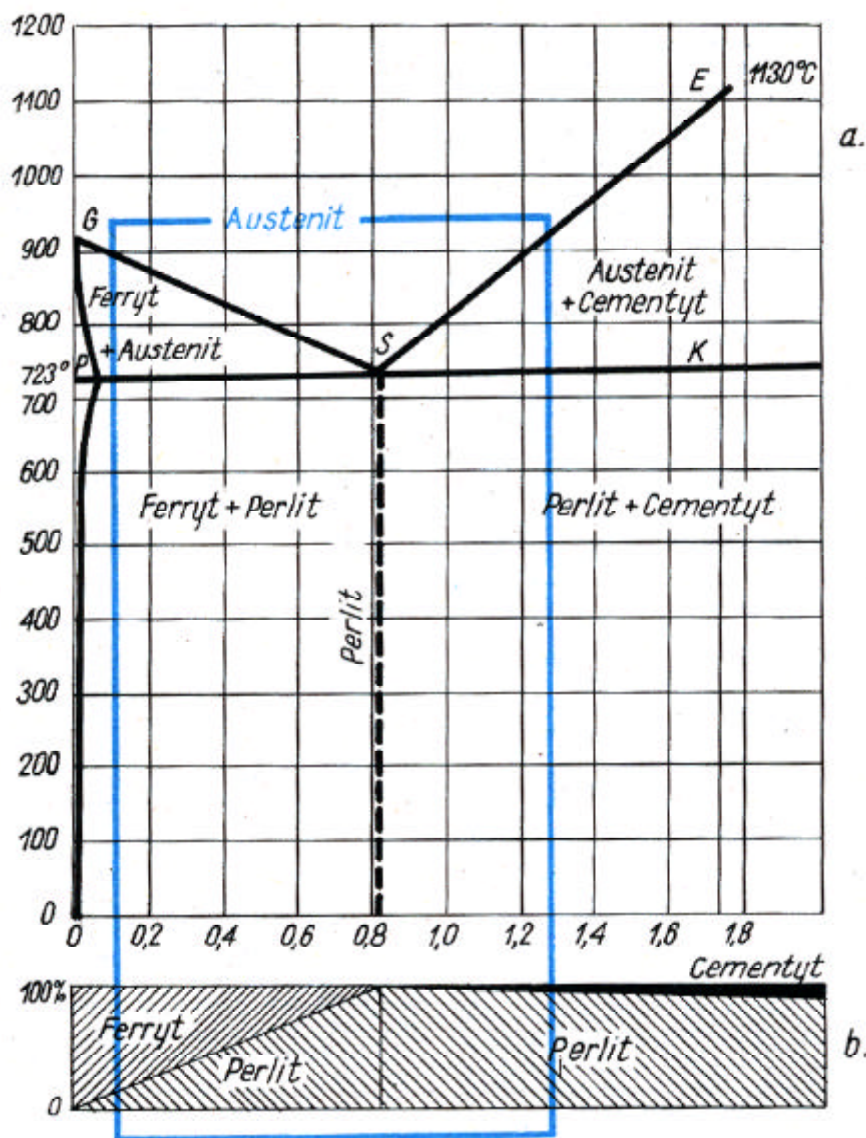
Martenzyt to główny składnik strukturalny zahartowanej stali, odznacza się on dużą twardością oraz kruchością.

Jeżeli zabieg studzenia przeprowadzimy nieco wolniej, to uzyskamy strukturę troostytczną.

Troostyt jest nieco bardziej miękki od martenzytu i mniej kruchy.

Przez dalsze powiększenie czasu studzenia otrzymuje się strukturę krystaliczną zwaną sorbit, która kosztem utraty części twardości staje się bardziej ciągliwa.

Troostyt i sorbit można otrzymać przez podgrzewanie zahartowanej stali o strukturze martenzytu w temperaturze 250° do 400°C. Znajomość danych na wykresie i różnych struktur występują-



Rys4

cych w stali wystarcza już, aby świadomie przeprowadzać takie operacje obróbki termicznej, jak hartowanie, odpuszczanie i wyżarzanie.

Ogólne zasady hartowania. Stal przeznaczona do hartowania nagrzujemy do temperatury 30 do 50°C powyżej linii GSE. Po równomiernym nagraniu studzimy ją w wodzie lub innych cieczach przyspieszających lub zwalniających proces chłodzenia. Jak w tym wypadku korzystać z wykresu? Np. mając stal o zawartości węgla 0,6%, dla której linia GS przechodzi na wysokości 770°C, należy ją rozgrzać do temperatury 820°C (770° + 50°). Przygotowując do hartowania stal o zawartości węgla 1,2% stwierdzimy, że linia SE wyznacza temperaturę 880°C. Dodając 50°C nagrzemy stal do 930°C; wykorzystujemy tu najwyższą temperaturę osiąganą przez nasz piec.

Co będzie jednak ze stalą o większej zawartości węgla? Rozpatrzymy przypadek stali poza granicą czerwonej linii na wykresie, o zawartości węgla np. 1,4%. Przecięcie linii SE wypada tu na wysokości 960°C, a więc jest to górna granica osiąganą przez piec. Nagrzany do tej temperatury materiał i szybko ostudzony może tylko częściowo utwardzić się, nigdy jednak nie osiągnie pełnej twardości, jaką przy danym składzie chemicznym otrzymałby przy nagraniu prawidłowym (w tym przypadku 1100°C). Ważnym zabiegiem przy hartowaniu jest sam przebieg nagrzewania, zależny od składu chemicznego materiału, wydajności cieplnej pieca, kształtu i wielkości wsadu, czyli materiału podgrzewanego do hartowania. W warunkach pracy miniaturowego pieca hartowniczego sprawa jest uproszczona. Nagrzewane elementy ograniczone są wielkością komory grzejnej pieca, a więc są małe; czas nagrzewania ich będzie się wahał od 10 do 15 minut. Przy nagrzewaniu prętów o \varnothing 8 do 12 mm wkładać je będziemy pojedynczo. Natomiast elementy o śred-

nicach mniejszych ustawiać będziemy wokół ścianek komory grzejnej, zachowując między nimi odległość równą ich średnicy.

Według wykresu widzimy, że temperatura grzania stali o zawartości węgla 0,8% wynosi 780°C. Czy zaszkodzi tej stali, jeżeli nagrzemy ją do maksymalnej temperatury naszego pieca, czyli do 950°C? Ponieważ nagrzewanie trwa stosunkowo krótko, odbywa się zaś w atmosferze rozrzedzonego gorącego powietrza, więc w stali nie zdążą zajść żadne zmiany, które wpłynęłyby szkodliwie na jakość hartowanego metalu. W związku z tym możemy wyciągnąć wniosek i ustalić regułę nagrzewania stali w naszym piecu: wszystkie stale o zawartości węgla większej niż 0,4% nagrzujemy aż do uzyskania barwy jednakowej ze ściankami pieca. Po nagraniu elementy stalowe szybko oziębiamy.

Należy wyjaśnić, że w stalach oprócz węgla znajdują się inne domieszki, takie jak mangan, krzem, siarka, fosfor i różne zanieczyszczenia. Jeżeli domieszki stanowią więcej niż 1,5%, to takie stale nazywamy węglowymi. Dla zwiększenia twardości, hartowności, wytrzymałości i ciągliwości w składzie stali mogą występować takie domieszki, jak chrom, wolfram, nikiel, molibden i inne. Jeżeli stanowią one więcej niż 1,5% do kilku a nawet kilkunastu %, to stal taka nosi nazwę stopowej.

Przyjmujemy zasadę, że stale węglowe hartujemy w wodzie, natomiast stale stopowe — w oleju. Woda jako środek szybkochłodzący używana do hartowania stali stopowych może powodować ich uszkodzenia, jak pęknięcia, odkształcenia itp.

Do hartowania używa się różnych cieczy chłodzących wymienionych poniżej. Dla wody przyjęto średnią prędkość chłodzenia = 1

| Ośrodek chłodzący | Prędkość chłodzenia |
|-------------------|---------------------|
| Woda zimna 18°C | 1,00 |
| Woda gorąca 75°C | 0,68 |

| | |
|-----------------------------------|------|
| 10% roztwór soli kuchennej (NaCl) | 1,23 |
| 5% roztwór ługu potasowego (KOH) | 1,17 |
| Olej szybkochlodzący | 0,62 |
| „ maszynowy | 0,22 |
| „ rzepakowy | 0,22 |
| Tran | 0,31 |
| Spokojne powietrze | 0,02 |

Nagrzewając większe przedmioty np. w piecu koksowym musimy kontrolować proces grzania tak, by nie dopuścić, aby temperatura wzrosła wyżej niż 50°C ponad linię GSE. Przybliżoną temperaturę nagrzanej stali określimy wzrokowo. Stal nagrzewana w różnych temperaturach ma charakterystyczną barwę:

| Barwa żarzenia | Temperatura w °C |
|--------------------|------------------|
| brązowoczerwona | 600°C |
| ciemnoczerwona | 700°C |
| wisniowa | 800°C |
| jasnoczerwona | 900°C |
| pomarańczowa | 1000°C |
| czerwonożółta | 1100°C |
| biała | 1130°C |
| ośniewiająco biała | 1400°C |

Wiemy, że zahartowana stal ma strukturę martenzytyczną, twardą i kruchą. Nie zawsze odpowiada to wymogom technologicznym zahartowanego narzędzia. Np. twardo zahartowane dłuto do rzeźby będzie zbyt kruche. Twardość narzędzia powinna być taka, aby zapewniała najkorzystniejsze warunki pracy.

Aby uzyskać pożądane właściwości stali twardehartowanej, stosujemy zabiegi zwane odpuszczaniem. Odpuszczanie polega na przeobrażeniu struktury stali i przejście z martenzytu w sorbit lub troostyt. W celu odpuszczenia zahartowany przedmiot przeszlifujemy do połysku, po czym nagrzemy do temperatury 200°C—400°C. Wysokość odpuszczenia, czyli nagrzania zahartowanego materiału, poznamy po występujących barwach nalotowych na wypolerowanej części odpuszczanego materiału, która pokrywa się cienkami o różnych barwach od bładożółtej do szarzielonej. Barwy nalotowe zależne są od temperatury grzania:

| Barwa nalotowa | Temperatura w °C |
|------------------|------------------|
| bładożółta | 220°C |
| jasnożółta | 235°C |
| ciemnożółta | 245°C |
| brunatnożółta | 255°C |
| brunatnoczerwona | 265°C |
| purpurowa | 275°C |
| fioletowa | 285°C |
| ciemnoniebieska | 295°C |
| jasnoniebieska | 315°C |
| szarzielona | 325°C |

Przy zabiegu odpuszczania przedmiot wstawiamy do komory grzejnej pieca i obserwujemy ukazanie się odpowiedniej barwy nalotowej i w chwili uzyskania jej studzimy element w wodzie. Następne operacje technologiczne, jakie możemy przeprowadzić w miniaturowym piecu, to wyżarzanie — rodzaj obróbki cieplnej polegającej na nagrzaniu materiału do odpowiedniej temperatury, wygrzaniu go w tej temperaturze przez pewien czas i powolnym studzeniu. W zależności od przeprowadzania takiego zabiegu cieplnego rozróżniamy wyżarzanie ujednorodniające, normalizujące, zupełne, niezupełne i zmiękczające.

Ujednorodniające wyżarzanie stosuje się w celu zmniejszenia niejednorodności składu chemicznego w stalach stopowych. Zabieg ten przeprowadza się nagrzewając materiał do temperatury powyżej linii GSE, utrzymuje się go w tej temperaturze przez pewien czas i powoli studzi.

Wyżarzanie normalizujące polega na nagrzewaniu stali do temperatury 30° do 50°C powyżej linii GSE, wygrzewaniu jej w tej temperaturze i studzeniu na wolnym powietrzu. Normalizacja ma na celu otrzymanie jednolitej struktury o drobnym ziarnie i polepszenie własności wytrzymałościowych przez usunięcie naprężeń wewnętrznych.

Wyżarzanie zupełne polega również na wygrzaniu materiału powyżej linii GSE, a następnie powolnym studzeniu w zakresie temperatur między GSE i

PSK. Odpuszczanie zupełnie stosuje się w celu zmiękczenia materiału, podwyższenia własności plastycznych i polepszenia obrabialności.

Wyżarzanie niezupełne polega na nagrzewaniu w temperaturach ograniczonych liniami GSE i PSK. Zabieg ten ma do celu zmniejszenie ziarn perlitu, zmniejszenie twardości i polepszenie skrawalności materiału.

Wyżarzanie zmięczające lub zmiękczenie to zabieg cieplny stosowany dla stali zawierającej powyżej 0,65% węgla. Stal nagrzewa się nieco wyżej od temperatury PSK. Po wygrzaniu w tej temperaturze stal studzi się przez pewien czas, najlepiej razem z piecem. Podczas hartowania, nagrzanie stali do wyższej temperatury, niż była zalecana, nie powoduje odchylen od normy. Natomiast przy zabiegach wyżarzania musimy starać się o utrzymanie zaleczonych temperatur. Ponieważ piec utrzymuje stałą temperaturę około 950°C, więc dla uzyskania niższej temperatury włączymy w szereg ze spiralą pieca żarówkę, od 40 do 200 W. Zwiększając moc żarówki będziemy powiększali temperaturę pieca. Możliwości naszego pieca nie ograniczają się tylko do nagrzewania elementów w celu ich hartowania i wyżarzania. Możemy użyć go także do nagrzewania przedmiotów przeznaczonych do przekucia. Wprawdzie wymiary pieca są niewielkie, ale w naszym wyposażeniu narzędziowym zawsze trafia się coś do zrobienia z zakresu konserwacji i regeneracji uszkodzonych narzędzi, jak również wykonania nowych. W komorze grzejnej miniaturowego pieca jest dostateczna ilość miejsca do nagrzania np. wykruszonego wkrętaka przeznaczonego do przekucia, kołców, rozwiertaków, rysików, przecinaków itp. Piec można także wykorzystać do stapienia niskotopliwych metali i stopów, takich jak cyna, ołów, antymon, cynk, biały stop, np. ze złamanej klamki, a nawet niektóre gatunki mosiądzu. Do topienia metali musimy zao-

patrzeć się w małe, stalowe tygły, do wykonania ich użyjemy cienkościennej rurki stalowej o takiej średnicy, aby łatwo wsuwała się do komory grzejnej (rys. 5). Wysokość tygla powinna być o 5 mm większa od głębokości komory grzejnej pieca. Do wymiaru wewnętrznej średnicy rurki dopilujemy denko z blachy stalowej grubości 3 mm. Denko najlepiej jest spawać, ale można również ciasno dopasować je i po prostu wbić. W celu uruchomienia pieca ustawimy go na cegle lub grubej azbestowej podstavce i włączymy przewody zasilające do sieci. Przedmioty przeznaczone do nagrzewania lub tygiel wstawimy do wnętrza komory grzejnej i z wierzchu przykryjemy piec drugą puszką po konserwach, gdyż takie przykrycie daje lepsze wykorzystanie ciepła, jak również chroni wsad przed szkodliwymi wpływami atmosfery. Z odkrytym piecem pracujemy tylko wtedy gdy nagrzewane przedmioty są długie. Wsad umieszczamy w piecu i wyjmujemy go po nagrzaniu za pomocą wąskich płaskoszczypów lub specjalnie wykonanego nożycowego chwytaka z drutu \varnothing 5 mm (rys. 6). Do rozgrzanego pieca nie wolno wkładać mokrych przedmiotów, gdyż może to spowodować zniszczenie wkładki grzejnej łącznie z silnym wyrzuceniem na zewnątrz gorących odprysków.

Wyjmować przedmioty wolno tylko sprawnymi, dobrze chwytającymi narzędziami. W żadnym razie nie należy dotykać gołą ręką przedmiotów, co do których nie mamy pewności, że już wystygły. Podczas pracy pieca nie powinny w pobliżu znajdować się materiały łatwopalne, jak rozpuszczalnik benzynowy czy nitro, farby, wióry lub inne materiały mogące spowodować pożar lub wybuch. Po zakończeniu pracy należy piec wyłączyć z sieci przez wyjęcie wtyczki z gniazda sieciowego, pomieszczenie zaś, w którym pracowaliśmy, wolno opuścić dopiero po wystygnięciu pieca poniżej 100°C.

Ludwik Ossowski