

## 14. HARTOWANIE POWIERZCHNIOWE

### 14.1. Wykorzystanie hartowania powierzchniowego do zwiększenia trwałości elementów maszyn i urządzeń

Zmiany własności elementów maszyn w trakcie eksploatacji zależą od struktury i własności materiału, procesu technologicznego wykonania, rozwiązania konstrukcyjnego oraz parametrów procesu eksploatacji. Proces technologiczny wykonania oprócz nadania żądanych kształtów i wymiarów winien konstituować określoną odporność dostosowaną do warunków pracy. Proces technologiczny wykonania charakteryzuje się z zasady podwyższaniem określonych własności mechanicznych, fizykochemicznych i stereometrycznych. Natomiast proces użytkowania maszyn charakteryzuje stałe i najczęściej powolne pogarszanie się użytkowych własności elementów. Po okresie powolnego niszczenia występuje okres przyspieszonego zużycia.

Analiza przyczyn uszkodzeń elementów maszyn w trakcie eksploatacji wskazuje, że przeważająca ich ilość jest spowodowana niewystarczającymi własnościami warstwy wierzchniej. Dobór optymalnych własności warstwy wierzchniej decyduje o końcowej trwałości.

Problematyka zwiększenia trwałości elementów maszyn a zwłaszcza warstwy wierzchniej nabiera coraz większego znaczenia. Jest to związane z tym, że warstwa wierzchnia, jej struktura, własności stereometryczne i wysoka wytrzymałość decydują o trwałości całego elementu. Wysoką wytrzymałość warstwy wierzchniej uzyskuje się podczas hartowania indukcyjnego.

Hartowanie indukcyjne posiada następujące główne zalety techniczne i technologiczne:

- z uwagi na krótki czas operacji powierzchnia elementu utlenia się nieznacznie,
- występuje stosunkowo małe zużycie energii z uwagi na nagrzewanie małej części masy elementu,
- stale średniowęglowe mogą uzyskać podobną odporność na ścieranie do stali stopowych, dla których stosuje się obróbkę cieplno-chemiczną,
- łatwość w uzyskaniu powtarzalności parametrów obróbki co wpływa na wysoką jakość,

- możliwość stosowania urządzeń do hartowania powierzchniowego w gniazdach obrabiarek wydziałów mechanicznych,
- korzystniejsze warunki pracy personelu w stosunku do występujących w wydziałach przy tradycyjnym hartowaniu.

Proces zmian zachodzących podczas nagrzewania indukcyjnego jest złożony. Indukowane w elemencie prądy wirowe podczas grzania indukcyjnego wytwarzają ciepło w stosunkowo cienkiej warstwie. Wytworzone ciepło w wyniku przewodzenia rozprzestrzenia się do głębszych stref elementu.

Działanie ciepła wytworzonego przez prądy wirowe na strukturę stali jest zmniejszane w wyniku endotermicznej reakcji charakterystycznej dla przemian fazowych oraz przemiany magnetycznej. Przechodzeniu stali ze stanu ferromagnetycznego w stan paramagnetyczny towarzyszy zmniejszanie przenikalności magnetycznej co obniża szybkość nagrzewania indukcyjnego warstwy wierzchniej. Po osiągnięciu zakresu przemiany ustala się po pewnym czasie stan równowagi i powstaje zmniejszenie gradientu temperatury w przekroju. W określonej chwili ilość ciepła odprowadzona z warstwy nagrzanej do wnętrza elementu może być większa od ilości ciepła wytworzonego na powierzchni (w krótkim przedziale czasu). W warunkach przemysłowych stosuje się niekiedy wstępne podgrzewanie elementów metodą tradycyjną w piecu przed grzaniem indukcyjnym celem zintensyfikowania procesu nagrzewania.

#### Zmiany w strukturze podczas hartowania indukcyjnego

Sposób nagrzewania podczas hartowania indukcyjnego zależy od struktury i własności jakie pragniemy uzyskać w warstwie wierzchniej i od dysponowanych generatorów wysokiej częstotliwości.

Szybkie nagrzewanie z prędkościami około  $100^{\circ}\text{C/s}$  charakterystyczne dla procesu indukcyjnego, określane jako udarowe, wpływa na występowanie w stalach węglowych austenitu o znacznej niejednorodności. Podwyższenie temperatury nagrzewania powoduje zmniejszenie niejednorodności austenitu. Dla stali węglowych nagrzewanie indukcyjne do zakresu zbliżonego do  $1000^{\circ}\text{C}$  wpływa na ujednorodnienie austenitu i utrzymanie wyrównanego stężenia zawartości węgla. Szybkie nagrzewanie jakie zachodzi podczas grzania indukcyjnego, które przebiega w zakresie  $50\text{--}100^{\circ}\text{C/s}$ , powoduje powstanie ziarn bardziej drobnych niż podczas tradycyjnego nagrzewania.

Indukcyjne nagrzewanie powoduje dodatkowe rozdrobnienie bloków mozaiki w substrukturze, co można tłumaczyć hamującym działaniem szybkiego nagrzewania na proces wzrostu ziarn. W warunkach technicznych hartowanie indukcyjne stali o wyjściowej strukturze sorbitycznej daje pod względem twardości i równomierności nagrzewania lepsze efekty niż podczas hartowania indukcyjnego stali o wyjściowej strukturze perlitycznej lub strukturze powstałej po obróbce plastycznej.

Powstały podczas nagrzewania indukcyjnego niejednorodny austenit wpływa na inny przebieg przemian podczas chłodzenia. Podczas chłodzenia powstaje martenzyt w różnych strefach przekroju w szerszym pasmie temperatur  $M_s\text{--}M_f$ . Punkty  $M_s$  i  $M_f$  są

różnie rozmieszczone nawet w sąsiednich strefach. Obszary austenitu o największym stopniu nasycenia węglem ulegają podczas chłodzenia rozpadowi w późniejszym okresie i przy niższej temperaturze w porównaniu do obszarów o małym stopniu nasycenia węglem. Poza tym powstałe płytki martenzytu z austenitu o mniejszym nasyceniu węglem na początku procesu ulegają procesowi odpuszczania w trakcie chłodzenia podczas dalszego powstawania martenzytu z austenitu o większym nasyceniu węglem. W wyniku niejednorodności austenitu powstaje więc proces ciągłego powstawania martenzytu.

W stalach stopowych przemiany podczas nagrzewania i chłodzenia przebiegają różnie w zależności od zawartości dodatków stopowych. W zależności od zawartości pierwiastków stopowych powstają węgliki o różnej budowie i różnym stopniu przechodzenia do roztworu stałego podczas nagrzewania.

#### 14.2. Sposoby nagrzewania przy hartowaniu powierzchniowym

Podczas ustalania optymalnych warunków hartowania indukcyjnego należy brać pod uwagę: kształt elementu, wymiary przekroju poprzecznego, gatunek materiału, żądaną strukturę i własności w warunkach eksploatacji oraz wymaganą grubość warstwy zahartowanej. W warunkach technicznych do hartowania indukcyjnego szczególnie winny być typowane przedmioty symetryczne takie jak: wały, osie, koła jezdne, powierzchnie cylindrów, koła zębate, wielowypusty, sworznie, rolki, tip. Celowe jest stosowanie metody hartowania indukcyjnego do hartowania powierzchniowego prowadnic obrabiarzek, czopów wałów, powierzchni dźwigienek zaworów i powierzchni pracujących na ścieranie. Głębokość warstwy wnikania prądu indukowanego w elemencie określa się z zależności:

$$g = k \sqrt{\frac{\rho}{f \mu}}$$

gdzie:

- $g$  – głębokość warstwy w której wydziela się ponad 90% ilości ciepła (jako wynik prądów wirowych),
- $k$  – współczynnik charakteryzujący materiał,
- $f$  – częstotliwość,
- $\rho$  – opór właściwy,
- $\mu$  – przenikalność magnetyczna.

Głębokość warstwy nagrzanej dla stali ferromagnetycznej  $g_{\alpha}$  i paramagnetycznej  $g_{\gamma}$  można obliczyć z przybliżonych zależności empirycznych:

$$g_{\alpha} = \frac{1,7}{\sqrt{f}} \quad [ \text{ cm } ] \quad \text{ oraz } \quad g_{\gamma} = \frac{60}{\sqrt{f}} \quad [ \text{ cm } ]$$

W czasie grzania po przekroczeniu  $A_{c3}$  można zmieniać częstotliwość dla uzyskania żądanej grubości warstwy. (Częstotliwość przek. wynosi najczęściej  $f = 1\text{--}200\text{ kHz}$ ).

Po ustaleniu głębokości hartowania oraz wielkości obszaru hartowanego należy zaprojektować wzbudnik. Kształt wzbudnika dostosowuje się do wymiarów i kształtu strefy hartowanej. Do hartowania krótkich wałków stosuje się wzbudniki pierścieniowe obejmujące cały obwód. Przy hartowaniu średnich wałków stosuje się wzbudniki wielozwojowe obejmujące cały element a przy długich stosuje się wzbudniki wielozwojowe wykonujące względne ruchy w stosunku do przedmiotu. Przedmiot może także wykonywać ruch względem wzbudnika. Chłodzenie po nagrzewaniu może być przez zanurzenie lub przez sekcję natryskową umieszczoną pod wzbudnikiem. Natrysk chłodzący może pochodzić bezpośrednio ze wzbudnika.

Przykłady różnych metod hartowania indukcyjnego podano na rys. 14.1. Różny stan warstwy zahartowanej podano na rys. 14.2.

Podczas hartowania płaskich powierzchni elementów maszyn stosuje się hartowanie posuwowe. Wzbudnik lub przedmiot wykonują wówczas ruch posuwowy w kształcie wydłużonej pętli. Warunki nagrzewania można zmieniać przez:

- zmniejszenie szczeliny pomiędzy wzbudnikiem a powierzchnią,
- zmianę grubości przewodów zwłaszcza w kierunku prostopadłym do powierzchni,
- regulację odległości pomiędzy uzwojeniami wzbudnika.

Odległość wzbudnika od powierzchni przedmiotu nagrzewanego przyjmuje się zwykle 1–2 mm. Do hartowania części o małych przekrojach stosuje się generatory o najwyższych częstotliwościach i w miarę zwiększania przekroju obniża się częstotliwość generatorów.

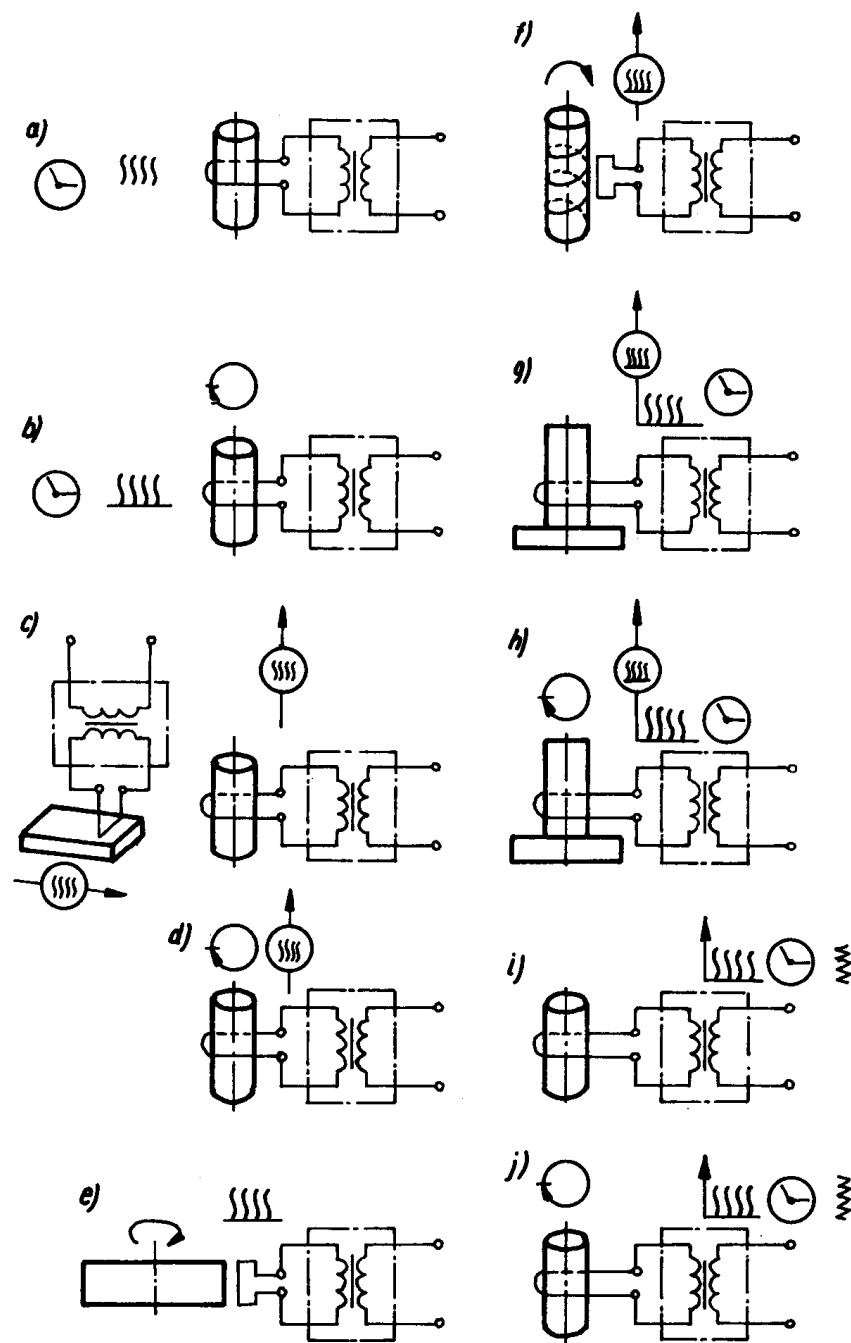
#### 14.3. Stale do hartowania indukcyjnego

Do hartowania indukcyjnego stosowane są stale węglowe i stopowe zawierające zwykle więcej niż 0,30% C. Zaleca się aby półwyroby przeznaczone na elementy hartowane powierzchniowo były wcześniej normalizowane. Hartowanie indukcyjne jest stosowane do elementów odlewanych stalowych lub żeliwnych wykonanych z żeliwa szarego, ciągliwego lub sferoidalnego. Twardość po hartowaniu warstwy wierzchniej elementów z żeliwa szarego wynosi 45HRC, a modyfikowanego 50HRC. Do nagrzewania elementów żeliwnych stosuje się wzbudniki dwustrefowe, których celem jest uzyskanie łagodnego przejścia od strefy zahartowanej do rdzenia.

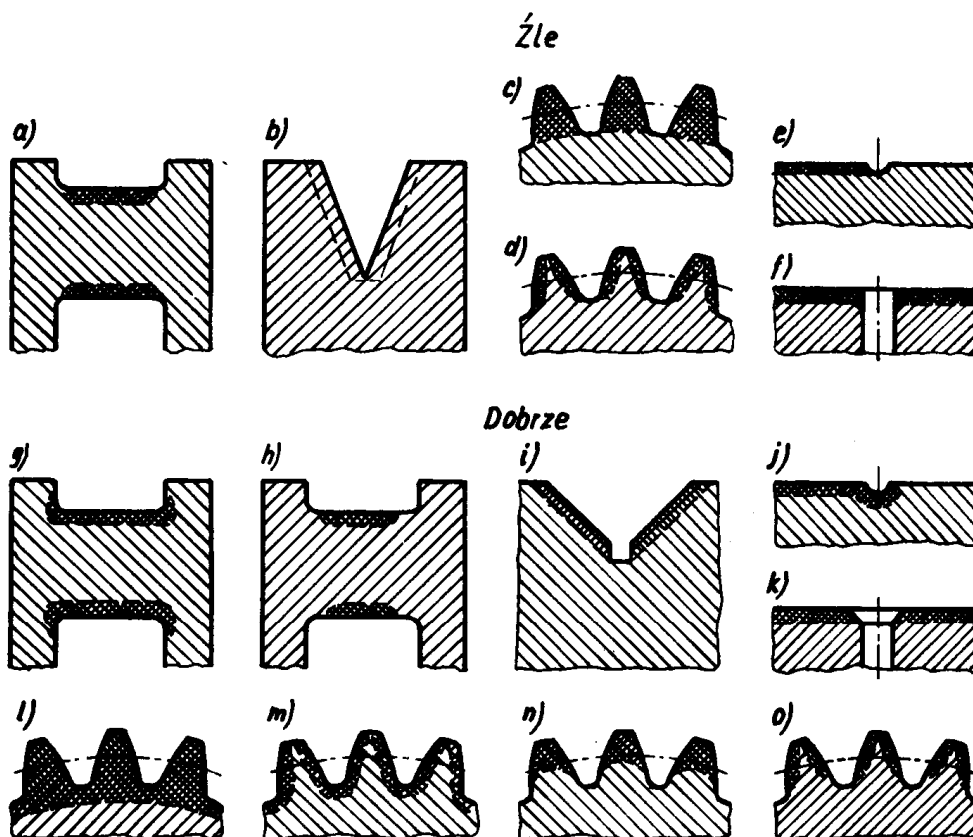
Skład chemiczny stali konstrukcyjnych najczęściej stosowanych na elementy hartowane indukcyjnie podano w tablicy 14.1.

W trakcie wyboru stali węglowych do hartowania powierzchniowego trzeba zwracać uwagę na to, że stal węglowa hartuje się na małą głębokość co może spowodować w trakcie procesu technologicznego usunięcie częściowe a nawet całkowite warstwy zahartowanej.

Wprowadzenie do stali chromu pozwala chłodzić nagrzane elementy podczas hartowania w oleju, co zapobiega powstawaniu pęknięć hartowniczych i znacznie zmniejsza odkształcenie w porównaniu z oziębianiem w wodzie.



Rys. 14.1. Metody hartowania indukcyjnego: a/ jednoczesna, b/ jednoczesno-obrotowa, c / posuwowa, d/ posuwowo-obrotowa, e/ posuwowo-obwodowa, f/ posuwowo-obwodowa po spirali, g/ posuwowa z wstępnym podgrzewaniem, h/ posuwowo-obrotowa z wstępnym podgrzewaniem, i/ jednoczesno-skokowa, j/ jednoczesno-obrotowo-skokowa



Rys. 14.2. Przykłady prawidłowych i nieprawidłowych rozkładów warstwy zahartowanej i kształtów przedmiotów hartowanych

Tablica 14.1.

Stale stosowane do hartowania indukcyjnego

Gatunek	Skład chemiczny głównych składników %				
	C	Si	Mn	Cr	Mo
35	0,35	0,25	0,65	—	—
45	0,45	0,25	0,65	—	—
55	0,55	0,25	0,65	—	—
N5	0,55	0,15	0,5	—	—
N6	0,65	0,15	0,4	—	—
35H	0,35	0,25	0,65	1,0	—
40H	0,40	0,25	0,65	1,0	—
40HM	0,40	0,25	0,60	1,0	0,20

#### 14.4. Budowa i zasada działania generatora wysokiej częstotliwości GIS50

Generator indukcyjny GIS50, przeznaczony jest głównie do powierzchniowego hartowania stali chociaż może również służyć do lutowania, wyżarzania a nawet topnienia stopów. Częstotliwość generatora wynosi 400 kHz, napięcie wzbudnika symetryczne 110 V a natężenie max 1800 A. Całe urządzenie składa się z trzech głównych zespołów:

- generatora,
- transformatora,
- szafy rozdzielczej.

Szczegółowy opis techniczny, dane techniczne oraz instalowanie, uruchamianie i konserwacja podane są w "Instrukcji eksploatacji".

Generator może pracować w 3 wariantach:

- grzanie impulsowe, przy zwieraniu styków przyciskiem 2S7,
- grzanie ciągłe, w czasie pozostawienia wyłącznika 2S8 w pozycji – załączony,
- grzanie powtarzalne i czas grzania odmierzany jest przełącznikiem czasowym.

Obudowa generatora posiada specjalne osłony i otwory wentylacyjne. Celem osłony jest ograniczenie zakłóceń radioelektrycznych. Przewody elektryczne doprowadzone są przez filtry przeciwzakłóceń. Szafa podzielona jest na 2 komory: komorę zasilania i komorę oscylatora. Głównymi elementami komory zasilania są: prostownik wysokiego napięcia, stabilizator, transformatory oraz filtr. Na czołowej ścianie komory oscylatora umocowane są zaciski wyjściowe do mocowania wzbudnika. Głównymi elementami komory oscylatora są: lampy generacyjne, obwód rezonansowy, transformator sprzężenia zwrotnego, dławik, opór oraz kondensatory ceramiczne. Oscylator generatora GIS50, pracuje w układzie transformatorowego sprzężenia zwrotnego. Lampy generacyjne mają uziemienie anody. W celu automatycznego wysterowania lamp dla pełnego zakresu obciążenia od zera do maksimum zastosowano opór siatkowy o charakterystyce nieliniowej. Płynną regulację mocy uzyskuje się za pomocą zmiany napięcia anodowego. Na katodach lamp generacyjnych i opornika występuje wysokie napięcie. Obwód rezonansowy składa się z transformatora wyjściowego i kondensatorów ceramicznych. Początek i koniec uzwojenia wtórnego stanowią zaciski wyjściowe, do których mocuje się wzbudnik. Lampy generacyjne, transformator wyjściowy, kondensatory obwodu rezonansowego i wzbudnik są chłodzone wodą. Lampy generacyjne generatora GIS50 są zabezpieczone przed włączeniem napięcia żarzenia o ile woda nie przepływa przez system chłodzący. Dla kontroli wygrzania lamp prostowniczych przed załączeniem wysokiego napięcia służy przełącznik czasowy, który zamyka obwód cewki stycznika po upływie 10 min. W ten sposób jest uniemożliwione załączenie wysokiego napięcia w czasie 10 min. od momentu załączenia napięcia żarzenia. Niezależnie od tego obwód cewki stycznika załączającego wysokie napięcie zamyka się przez kontakty blokad w osłonach drzwiowych.

Po załączeniu stycznika 7E1, generator jeszcze nie oscyluje i nie grzeje, bowiem ujemne napięcie na siatkach tyratronów blokuje przepływ prądu przez prostownik. Dopiero po naciśnięciu przycisku 2S7 – "grzanie" i jednoczesnym obrocie gałką potencjometru 2R2 – "regulacja mocy" reguluje się stopniowo napięcie.

#### Kolejność czynności przy uruchamianiu generatora GIS50

Przed uruchomieniem generatora GIS50 należy zapoznać się z opisem czynności, instrukcją bhp oraz oznakowaniem umieszczonym na szafie i tablicy. Przestrzegać niżej

podanych czynności:

- 1— Qtworzyć zawory wodne i sprawdzić, czy woda wypływa z przewodu wylotowego generatora.
- 2— Włączyć napięcie sieci włącznikiem 7S1 "Generator". Winna zapalić się lampka 7N1. Sprawdzić napięcie faz za pomocą włącznika 4S1 i woltomierza 4N3 – "Napięcie sieci".
- 3— Włączyć napięcie żarzenia przyciskiem 2S1 "żarzenie". Po włączeniu zapala się lampka 2N1. Obserwować wskaźnik 4M4 – "napięcie żarzenia". Na wskaźniku tym wskazówka winna być na położeniu 5 V.
- 4— Po czasie 10 min. od załączenia napięcia żarzenia włączyć stycznik 7E1 przy pomocy przycisku 2S3 – "wysokie napięcie". Winna zapalić się lampka kontrolna 2N2. Po tym wyłączyć stycznik 7E1 przy pomocy przycisku 2S4. Celem tych czynności jest sprawdzenie działania przekaźnika czasowego 1E4 oraz możliwości załączenia stycznika 7E1.
- 5— Włączyć w szafie rozdzielczej napięcie włącznikiem 7S2.
- 6— Wprowadzić próbkę do wzbudnika lub umieścić na zewnątrz w zależności od kształtu elementu hartowanego. Po wprowadzeniu próbki, przyciskiem 2S3 załączyć napięcie anodowe i zwiększać potencjometrem 2R2 "regulacja mocy" w zakresie od zera do maksimum. Zwracać uwagę na to, aby regulacja była płynna. Generator jest przygotowany do pracy. Włączenie mocy generatora bez obciążeń wsadem jest zakazane.
- 7— Obserwować skutki nagrzewania. Zwracać uwagę na to, aby powierzchnia była równomiernie nagrzewana. Po nagrzaniu włączyć napięcie zasilania. Włączyć układ chłodzenia natrikowego lub zanurzyć element w cieczy hartowniczej. W wypadku nierównomiernego grzania razem z prowadzącym ustalić przyczyny i dokonać ich usunięcia.
- 8— Po zakończeniu pracy dopływ wody chłodzącej winien być kontynuowany przez minimum 10 min.

Główne zalecenia bhp dla obsługi generatora GIS50 i studentów

1. Obsługę i konserwację generatora GIS50 mogą prowadzić pracownicy, znający budowę i działanie generatora oraz posiadający uprawnienia do pracy.
2. Przed rozpoczęciem czynności obsługa musi zapoznać się z kolejnością obowiązujących czynności oraz instrukcją bhp.
3. Studenci uczestniczący w ćwiczeniu winni mieć sprawdzone wiadomości przez prowadzącego z zakresu tematu oraz znajomości instrukcji bhp. Do ćwiczenia może być dopuszczony student, któremu po sprawdzeniu wiadomości prowadzący zaliczy znajomość wiedzy związanej z tematem oraz instrukcją bhp.
4. Uruchomienie generatora z wadliwą instalacją uziemiającą jest zabronione.
5. Zabronione jest zdejmowanie osłon drzwiowych przed wyłączeniem napięcia.
6. Zabrania się otwierania blokad elektrycznych.
7. Zabrania się użytkować generator z uszkodzonymi podzespołami lub zespołami.



8. W czasie pracy generatora zabrania się dotykać wzбудnika.
8. Wszelkie naprawy i konserwacje mogą być wykonywane przez upoważnionych pracowników wyłącznie po odłączeniu generatora od sieci i uziemieniu obwodów wysokiego napięcia oraz filtrów przeciwzakłóceńowych przy pomocy specjalnego drążka.

#### 14.5. Przebieg ćwiczenia

##### A. Cel ćwiczenia

Zapoznanie studenta z istotą przemian strukturalnych podczas nagrzewania i chłodzenia w czasie hartowania powierzchniowego, stosowanymi sposobami grzania oraz praktyczną realizacją hartowania indukcyjnego.

##### B. Materiały i urządzenia do badań

Przedmiotem badań są próbki stalowe  $\phi = 50\text{--}120\text{ mm}$  wykonane ze stali: 35, 45, 55, N5, N6, 35H, 40H, 40HM lub 20H2M. Próbki są wykonane na drodze obróbki mechanicznej. Posiadają kształt walca lub pierścienia o wymiarach  $\phi_w = 120\text{ mm}$ ,  $\phi_z = 180\text{ mm}$  oraz  $h \approx 30\text{ mm}$ . Prowadzący może ustalić również inne wymiary próbek. Próbki mocowane są na stole i po nagrzaniu indukcyjnym zanurzane w płynie hartowniczym lub oziębiane natryskiem wodnym. Nagrzewanie przeprowadza się w urządzeniu GIS50 według podanej instrukcji. Kontrolę temperatury powierzchni przeprowadza się przy zastosowaniu pirometru optycznego. Badanie twardości warstwy zahartowanej i jej załeganie określa się przez pomiar twardościomierzem w różnych odległościach od powierzchni.

Przygotowanie próbek:

Próbki do badań wręcza prowadzący ćwiczenia. Należy sprawdzić stan powierzchni, usunąć występujące nierówności oraz ślady korozji. Przed założeniem do agregatu dokonać pomiaru twardości w kilku miejscach.

##### C. Przebieg badań

Przed rozpoczęciem badań należy przygotować się do ćwiczenia przez zapoznanie z wprowadzeniem i dostępną literaturą oraz kolejnością czynności przy uruchomieniu agregatu GIS50 a także zaleceniami bhp dla obsługi. Po sprawdzeniu przez prowadzącego opanowania materiału teoretycznego i dopuszczeniu do wykonywania ćwiczeń należy wykonać zakresy czynności:

1. sprawdzić stan powierzchni próbki,
2. przygotować powierzchnię próbki do badań,
3. pomierzyć twardość próbki w różnych punktach,
4. sprawdzić zachowanie równomiernej odległości pomiędzy wzбудnikiem a powierzchnią próbki na całym obwodzie,

5. uruchomić agregat według podanej kolejności czynności,
6. ustalić z prowadzącym zakres temperatury grzania,
7. ogrzewać do uzyskania wymaganej temperatury powierzchni,
8. sprawdzić temperaturę przy pomocy pirometru optycznego,
9. po wygrzaniu wyłączyć agregat i chłodzić próbkę przez zanurzenie lub natryskiem wodnym.
10. dokonać pomiarów twardości wzdłuż dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach od powierzchni do środka. Wyniki pomiarów zestawzić w tablicy.
11. Wykonać wykresy rozłożenia twardości w funkcji odległości od środka do powierzchni.

#### D. Opracowanie wyników i sprawozdania

Opracowane przez studenta sprawozdanie z ćwiczenia winno zawierać:

1. Temat i cel ćwiczenia.
2. Schemat stanowiska badawczego.
3. Przygotowanie próbek i uzasadnienie metody badawczej.
4. Opis przebiegu ćwiczenia.
5. Analizę wyników badań i wnioski.
6. Problematykę hartowności stali węglowych i stopowych.

#### Pytania kontrolne

1. Przemiana martenzytyczna.
2. Hartowanie stali.
3. Odpuszczanie stali węglowych i stopowych.
4. Budowa warstwy wierzchniej.
5. Wpływ warstwy wierzchniej na trwałość elementów.
6. Wpływ hartowania powierzchniowego na zwiększenie trwałości elementów maszyn.
7. Sposoby hartowania powierzchniowego.
8. Stale do hartowania powierzchniowego.
9. Zmiany struktury i własności w trakcie hartowania indukcyjnego.
10. Własności mechaniczne różnych struktur stali.
11. Zależności pomiędzy strukturą a właściwościami po hartowaniu stali węglowych i stopowych.

#### Literatura

1. K. Przybyłowicz – Metaloznawstwo teoretyczne, AGH Kraków, 1978
2. Praca zbiorowa – Metaloznawstwo, Gliwice 1965
3. K. Wesołowski – Metaloznawstwo, PWT, Warszawa 1957
4. A. Weroński – Teoretyczne podstawy hartowania natryskowego, Lublin 1979
5. M. Biernsztajn, A. Rachsztabta – Metalłowodienie i Tiermiczeskaja Obrabotka stali, Moskwa 1961

6. **A. Weroński — Hartowanie natryskowe części płaskich. Przegląd Mechaniczny Nr 15, 1973**
7. **Praca zbiorowa — Obróbka cieplna stopów żelaza, WNT, Warszawa 1977**