



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 79 04 20 (P.215033)

Pierwszeństwo: 78 04 21 Republika Federalna
Niemiec

Zgłoszenie ogłoszono: 80 01 14

Opis patentowy opublikowano: 1987 02 20

Int. Cl.⁸ C21D 8/00

Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: Hilti Aktiengesellschaft, Schaan (Liechtenstein)

**Sposób obróbki cieplnej stali niestopowej lub niskostopowej,
hartowanej bainitycznie, o niskim punkcie przemiany
martenzytycznej**

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób obróbki cieplnej stali niestopowej lub niskostopowej, hartowanej bainitycznie, o niskim punkcie przemiany martenzytycznej, zawierająca wagowo od 0,50 do 1,00% C, od 0,10 do 1,50% Si, od 0,25 do 1,50% Mn, maksimum 0,045% P, maksimum 0,045% S, od 0,20 do 0,90% Mo i/lub od 0,20 do 2,00% Cr, a reszta żelazo i zwykłe zanieczyszczenia, korzystnie stal zawierająca od 0,57 do 0,75% C, od 0,15 do 0,35% Si, od 0,50 do 1,50% Mn, zwłaszcza od 0,70 do 0,85% Mn, maksimum 0,035% P, maksimum 0,035% S, od 0,20 do 0,50% Mo i/lub od 0,20 do 1,00% Cr, a reszta żelazo i zwykłe zanieczyszczenia.

Znany jest z amerykańskiego opisu patentowego nr 1 824 099 i powszechnie stosowany sposób hartowania izotermicznego z przemianą bainityczną. Sposób ten polega na tym, że przedmiot stalowy nagrzewa się do temperatury nieco powyżej linii GS na wykresie żelazo-węgiel (temperatura stanu austenitycznego), przetrzymuje się go w tej temperaturze, a następnie chłodzi w kąpeli (korzystnie w roztworze soli) nagrzanej do temperatury nieco wyższej od temperatury początku przemiany martenzytycznej.

Przemiana austenitu, jaka przy tym zachodzi, przebiega do końca w stałej temperaturze. W tym sposobie hartowania zawsze dążono do całkowitej przemiany austenitu w bainit, gdyż uważano, że tylko wtedy otrzymuje się najkorzystniejszą mi-

2

krostrukturę stali, a tym samym najkorzystniejsze jej własności mechaniczno-fizyczne.

Okazało się jednak, że jeżeli stal niestopową lub niskostopową będzie się hartować izotermicznie według dotychczas znanego sposobu, to nie uzyska się takiej mikrostruktury i takich własności mechaniczno-fizycznych, aby stal ta miała dużą ciągliwość i zarazem dużą twardość.

Celem wynalazku jest opracowanie takiego sposobu izotermicznego hartowania stali niestopowych lub niskostopowych, żeby można było stalom nadać dużą ciągliwość i zarazem dużą twardość bez poddawania ich dodatkowym innym rodzajom obróbki cieplnej.

Zgodnie z wynalazkiem cel ten osiągnięto dzięki temu, że izotermiczne hartowanie stali o wymienionym na początku opisu składzie chemicznym, zdolnej do przemiany bainitycznej, o niskiej temperaturze początku przemiany martenzytycznej, przeprowadza się w obszarze punktu martenzytycznego lub od 0 do 100°C, korzystnie do 50°C, zwłaszcza od 5 do 50°C powyżej temperatury punktu martenzytycznego i jest przerywane najpóźniej przy 85%, od 55 do 85%, zwłaszcza od 75 do 85% przemiany w stosunku do maksymalnej przemiany mierzonej dyletometrycznie.

Istota wynalazku opiera się na stwierdzeniu, że stale stopowe oraz wykonane z nich przedmioty wykazują przeciwstawne wzajemne właściwości, a mianowicie posiadają one dużą ciągliwość, a za-

razem dużą wytrzymałość, jeśli zostały one podane procesowi niezupełnego hartowania izotermicznego (obróbce cieplnej), aż do uzyskania stopnia przemiany rzędu co najwyżej 80%. Przy tym chłodzenie nagrzanego przedmiotu należy tu przeprowadzać w kąpeli nagrzanej do temperatury wyższej od temperatury początku przemiany martenzytycznej.

Temperatura początku przemiany martenzytycznej występuje przeważnie w zakresie temperatur od 180 do 280°C, zwłaszcza w zakresie od 180 do 230°C, a przede wszystkim od 185 do 210°C. Pod pojęciem zakresu temperatury początku przemiany martenzytycznej należy rozumieć w znaczeniu niniejszego wynalazku temperatury występujące w zakresie od około 10°C powyżej temperatury początku powstawania martenzytu do temperatury 10°C poniżej temperatury początku powstawania martenzytu.

Zakres temperatury powyżej temperatury początku przemiany martenzytycznej, w którym to zakresie można przeprowadzać niezupełne hartowanie izotermiczne, występuje na ogół w granicach od 0 do około 100°C, korzystnie do około 50°C, na przykład od około 5 do 50°C ponad temperaturą początku tworzenia się martenzytu. Zupełnie po prostu okazało się, że zgodnie z wynalazkiem zakres temperatury początku przemiany martenzytycznej, w którym można przeprowadzić chłodzenie, jest tym węższy, o ile wyższa jest temperatura początku przemiany martenzytycznej i na odwrót — zakres ten jest tym szerszy, o ile niższa jest temperatura początku przemiany martenzytycznej. Korzystnie temperatura, odpowiednia do przeprowadzania chłodzenia przy hartowaniu izotermicznym, występuje poniżej zakresu temperatury od około 270 do 280°C, a zwłaszcza wynosi 260°C i mniej.

Szczególnie korzystne zjawiska występują w przypadku zastosowania odpowiednich stali o temperaturach początku przemiany martenzytycznej występujących w niższym zakresie temperaturowym od podanego tu zakresu. Jeśli stale wyjściowe nie mają jeszcze struktury umożliwiającej przeprowadzanie niezupełnego hartowania izotermicznego, to należy oczywiście poddać je odpowiedniej wstępnej obróbce cieplnej, np. takiej obróbce, na skutek której tworzą się struktury austenityczne.

Do występujących ewentualnie w niewielkich ilościach pierwiastków stopowych należą na przykład V, W, Ni, B i tym podobne pierwiastki, które mogą występować za każdym razem w ilościach nie przekraczających rzędu wielkości 0,2%. Dzięki temu można oddziaływać w kierunku uzyskiwania przez stale określonych właściwości. Obecność względnie brak tego rodzaju pierwiastków stopowych nie ma istotnego znaczenia dla samego wynalazku.

Przemianę prowadzi się w zasadzie aż do uzyskania stopnia przemiany, wynoszącego co najwyżej 85% przemiany maksymalnej, to znaczy przemiany wyczerpującej. Przeważnie odpowiedni stopień przemiany uzyskuje się w zakresie procentowym od około 55% do 85%, przy czym szczególnie korzystnym jest zakres od 75 do 85%, a zwa-

szcza wartość około 80%. Wielkość stopnia przemiany można kontrolować pomiarowo w dość prosty sposób wykorzystując okoliczności, że przemianie bainitycznej towarzyszy dodatnie wydłużenie.

Zatem można w prosty sposób śledzić kinetykę przemiany i tym samym stopień przemiany następujący w danej temperaturze, przy pomocy pomiarów dylatometrycznych, wykonywanych na próbkach stalowych. Pod określeniem stopnia przemiany wynoszącego 80% należy rozumieć zgodnie z powyższym uzyskanie 80% maksymalnej zmiany długości próbki, którą uzyskuje się przy całkowitej przemianie bainitycznej w danej temperaturze.

Według szczególnie korzystnego przykładu wykonania wynalazku stal przeznaczona do obróbki cieplnej posiada następujący skład: od 0,57—0,75% wagowych C, od 0,15—0,35% wagowych Si, od 0,70—0,85% wagowych Mn, max. 0,035% wagowych P, max. 0,035% wagowych S, od 0,20—0,50% wagowych Mo i/lub od 0,20—1,00% wagowych Cr, a reszta żelazo, ewentualnie niewielkie ilości pierwiastków stopowych i zwykłych zanieczyszczeń.

Również i do tego gatunku stali odnosi się opisana powyżej charakterystyka przemiany. Zwłaszcza i te stale stopowe wykazują również korzystne, żądane właściwości, jeśli przemianę przeprowadza się w zakresie temperaturowym początku tworzenia się martenzytu, lub w zakresie temperaturowym w granicach od 0 do 50°C, występującym ponad temperaturą początku przemiany martenzytycznej i prowadzi się ją do uzyskania stopnia przemiany wynoszącego od około 75 do 85%, mierzonego dylatometrycznie.

Stale obrobione cieplnie sposobem według wynalazku i wykonane z nich przedmioty posiadają korzystnie ciągliwości, mierzoną na niekarbowanych próbkach walcowych o średnicy 4,5 mm, wynoszącą ponad 70 J, dochodzącą korzystnie do 85 J, a nawet do 90 J, oraz twardość mierzoną metodą Rockwella, wynoszącą co najmniej 57 HRC, korzystnie wynoszącą 50 HRC i więcej, dochodzącą do np. 60 i 61 HRC.

Wytwarzając ulepszone przedmioty ze stali nie-stopowych i niskostopowych według wynalazku, o opóźnionej przemianie, hartowanych izotermicznie i posiadających niskie temperatury przemiany martenzytycznej, chłodzi się nagrzane przedmioty w kąpeli o temperaturze początku przemiany martenzytycznej lub nieco wyższej, zwłaszcza wyższej od temperatury początku przemiany martenzytycznej od 0 do 100°C, korzystnie jednak od 5 do 50°C, a następnie przerywa się to hartowanie przy osiągnięciu stopnia przemiany około 85%, na przykład przy osiągnięciu od 55 do 85%, korzystnie przy wartości procentowej około 75 do 85%, w odniesieniu do wielkości przemiany maksymalnej, mierzonej dylatometrycznie.

W autokatalitycznej siatce Austina i Ricketta stale tego rodzaju wykazują na ogół przeciętne charakterystyki kinematyki przemiany, która poza tym przebiega prostoliniowo. Widocznie występują tu wtrącenia wpływające niekorzystnie na ciągliwość stali.

Dzięki sposobowi według wynalazku przy wytwarzaniu stopów o dużej ciągliwości i dużej wytrzymałości unika się celowo takich przebiegów procesów, które przypuszczalnie powodują obniżenie ciągliwości stali.

Ze stali obróbnionych cieplnie sposobem według wynalazku można wytwarzać w zwykły sposób przedmioty o korzystnych własnościach, zwłaszcza przez kształtowanie na zimno. Można oczywiście wytwarzać również przedmioty z nie poddanych wstępnej obróbce cieplnej stali, zwłaszcza ze stali o wymienionych uprzednio składach, a następnie wykonanym już przedmiotom nadaje się na skutek odpowiedniej obróbki cieplnej właściwości stali stopowych według wynalazku. Istotną zaletą wynalazku jest przy tym to, że w przeciwieństwie do dotychczas stosowanych, niezbędnych stali wysokostopowych, można teraz wytwarzać według wynalazku wyroby powszechnego użycia w sposób znacznie bardziej ekonomiczny.

Do takich wyrobów stalowych wytwarzanych według wynalazku należą zwłaszcza elementy mocujące (śruby, gwoździe, sworznie, zwłaszcza sworznie wbijane służące do mocowania bezpośredniego; nity, kołki stalowe, części tych kołków), a ponadto narzędzia (wiertła, uchwyty wiertel, śrubokręty, brzeszczoty pił, stemple tnące, przebijaki), elementy maszyn (takie jak kołki zabezpieczające, sprężyny talerzowe, zawory, prowadnice zaworów, pierścienie łożkowe, wały, osie, zawlecзки, sprężnia, płytki, podkładki), ponadto elementy uzbrojenia (takie jak np. płyty pancerne, płyty ochronne), okucia budowlane, meblowe, okrętowe i okucia dla sprzętu sportowego (takie jak łańcuchy, zawiasy, listwy krawędziowe do nart), części aparatury optycznej i pomiarowej oraz półwyroby metalowe (takie jak taśmy, druty, blachy, pręty, rury itp.).

Szczególnie odpowiednimi do hartowania izotermicznego według wynalazku okazały się stale sprężynowe o następującym procentowym składzie wagowym:

C %	Si %	Mn %	P i S %
0,57—0,65	0,25	0,25	max. 0,45
0,67	0,25	0,70	max. 0,45
0,70	0,25	0,60	max. 0,45
0,75	0,25—0,50	0,6—0,8	max. 0,45
0,85	0,90	0,96—0,8	max. 0,45
1,00	0,25	0,96—0,8	max. 0,45

Ponadto stale z grupy stali narzędziowych do obróbki na zimno, na przykład stale o następującym wagowym składzie chemicznym: C = 1%, Si = 0,3%, Mn = 0,3% i Cr = 1,5% oraz węglowe stale narzędziowe, względnie węglowe stale wyższej jakości o następującym wagowym składzie chemicznym:

Przy tym w stalach, o wymienionych na wstępie składzie chemicznym, zamiast Mo może występować Cr. Na ogół molibden okazuje się bardziej

C %	Si	Mn %	Cr %	V %
0,62	1,0	1,0	0,6	—
0,58	0,3	1,0	1,1	0,1
0,50	0,3	1,0	1,1	0,1
0,62—0,72	1,3	0,5	0,5	—

korzystny niż chrom. W szczególnych przypadkach dolna granica zawartości Mn może wynosić około 0,25%.

Tak więc, zgodnie z wynalazkiem, powinno się uzyskiwać wyroby stalowe powszechnego użycia, takie jak np. sworznie stalowe lub kołki stalowe wbijane o powszechnie spotykanym kształcie, służące do mocowania bezpośredniego, które można również osadzać w stali budowlanej o dużej wytrzymałości. Przedmiot wynalazku zostanie nadal wyjaśniony w oparciu o niżej podane przykłady do wykonania.

Przykład I. Drut o średnicy $\phi = 4,5$ mm, ze stali zawierającej wagowo C = 0,73%, Mn = 0,85%, Si = 0,20%, Cr = 0,10%, Mo = 0,29%, P = 0,016% i S = 0,021% przeciągnięty najpierw na zimno, następnie wyżarzony zwiększająco i znowu przeciągnięty na zimno miał wytrzymałość około 800 N/mm². Drut ten w odcinkach $l = 50$ mm poddano hartowaniu izotermicznemu zgodnie z wynalazkiem, przy czym nagrzano go do temperatury 860°C i przetrzymano w tej temperaturze przez 20 sekund, następnie chłodzono go w roztworze soli nagrzanym do temperatury 240°C przez 40 sekund.

Chłodzenie zostało przerwane gdy mierzone dylatometrycznie wydłużenie próbki wynosiło 80% całkowitego wydłużenia, jakie w tym procesie następuje. Oznacza to, że przemiana bainityczna odbyła się również tylko w 80% całkowitej przemiany, jaka w tym procesie zachodzi. Tak zahartowane odcinki drutu poddano próbom wytrzymałościowym.

Praca udarnościowa na zginarce 80 J została zmierzona na młocie wahadłowym do prób udarnościowych z maksymalną zdolnością roboczą 150 J przy temperaturze pokojowej, (norma DIN 51222). Odległość podpory wynosiła 30 mm. Uzyskano wytrzymałość na obciążenie udarowe 795—820 J. Twardość zaś wynosiła 58 HRC. Wartości te okazały się o około 25% wyższe niż przy dotychczas stosowanym hartowaniu izotermicznym tej samej stali z 99% przemianą mierzoną dylatometrycznie.

Przykład II. Sworznie i gwoździe wykonane z tego samego gatunku stali jak w przykładzie pierwszym zostały poddane identycznemu hartowaniu jak w przykładzie pierwszym, z tym że były one nagrzewane do temperatury austenitizacji pod gazem ochronnym i były hartowane jako materiał sypki. Po przeprowadzeniu takich samych prób wytrzymałościowych jak w przykładzie pierwszym wyroby te miały udarność 795—820 J i twardość 58 HRC. Dodatkowe próby na zginanie wykazały, że wyroby te osiągnęły kąt przegięcia 90°, bez śladów naderwań lub pęknięć,

podczas gdy te same wyroby hartowane izotermicznie według dotychczasowego sposobu, to znacz-
czy z przemianą bainityczną do 99% pękały już
przy kącie przegięcia wynoszącym 60°.

Przykład III. Z tej samej stali co w przy-
kładzie pierwszym wykonano drut o średnicy
 $\phi = 4,5$ mm. Następnie z tego drutu wykonano
sprężyny śrubowe o średnicy 80 mm. Sprężyny te
poddano zgodnie z wynalazkiem hartowaniu
izotermicznemu, stosując te same temperatury,
czasy i środek chłodzący jak w przykładzie pierw-
szym.

Pomiary statycznego zginania próbek sprężyn o
średnicy drutu $\phi = 4,5$ mm i długości $l = 70$ mm,
zginanych w odstępach 3 mm, wykazały, że sprę-
żyny te mogą posiadać znacznie mniejsze średnice
i nie będą ustępowały pod względem wytrzymało-
ściowym sprężynom o większej średnicy wykona-
nym z tej samej stali, lecz hartowanym według
dotychczasowego sposobu i posiadającym twardość
48 HRC.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób obróbki cieplnej stali niestopowej lub
niskostopowej, hartowanej bainitycznie, zdolnej do

przemiany o niskiej temperaturze przemiany mar-
tenzytycznej, zawierającej wagowo od 0,50 do
1,00% C, od 0,10 do 1,5% Si, od 0,25 do 1,50% Mn,
maksimum 0,045% P, maksimum 0,045% S, od
0,20 do 0,90% Mo i/lub od 0,20 do 2,00% Cr, a
reszta stal, żelazo i zwykle zanieczyszczenia, ko-
rzystnie zawierająca wagowo od 0,57 do 0,75% C,
od 0,15 do 0,35% Si, od 0,50 do 1,50% Mn, zwię-
sza od 0,70 do 0,85% Mn, maksimum 0,035% P,
maksimum 0,035% S, od 0,20 do 0,50% Mo i/lub
od 0,20 do 1,00 Cr, reszta żelazo i zwykle zanie-
czyszczenia, znamienny tym, że hartowanie baini-
tyczne przeprowadza się w obszarze temperatury
punktu martenzytycznego lub w temperaturze od
0 do 100°C, korzystnie do 50°C zwłaszcza od 5 do
50°C powyżej temperatury punktu martenzytycz-
nego i hartowanie to przerywa się najpóźniej przy
85%, korzystnie przy 55 do 85%, zwłaszcza przy
75 do 85% przemiany w stosunku do mierzonego
dylatometrycznie maksymalnego stopnia przemia-
ny martenzytycznej.

2. Sposób według zastrz. 1, znamienny tym, że
przemianę przerywa się przy około 80% przemiany
w stosunku do mierzonego dylatometrycznie ma-
ksymalnego stopnia przemiany martenzytycznej.