

**POLITECHNIKA LUBELSKA
WYDZIAŁ MECHANICZNY
KATEDRA INŻYNIERII
MATERIAŁOWEJ**

**Laboratorium
Inżynierii
Materiałowej**

Karty Materiałowe

- stale niestopowe**
- stale stopowe**
- stale narzędziowe**

Stal N7E
(N7)

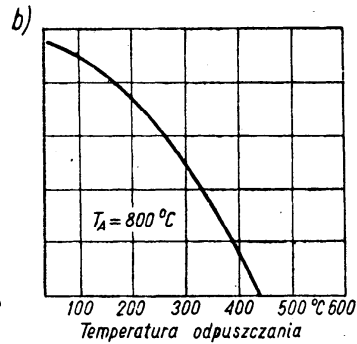
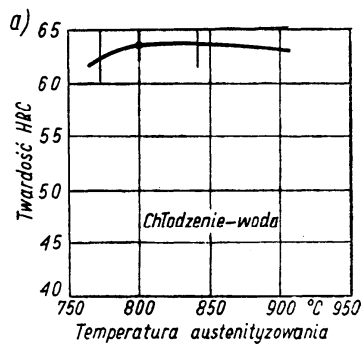
Kategoria A

Karta VII
Norma PN-66/H-85020

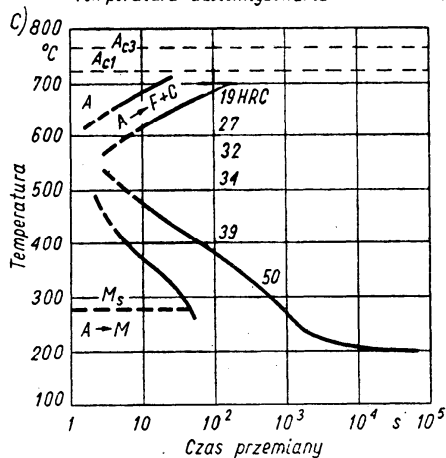
Skład chemiczny: C — 0,65—0,74%, Mn — 0,15—0,30%, Si — 0,15—0,30%, Cr — max. 0,15%, Ni — max. 0,20%

Obróbka cieplna

Operacja		Temperatura °C	Czas wytrzymania minut	Rodzaj chłodzenia	Twardość HRC
Wyżarzanie zmiękczające		680—710	ok. 60	w skrzynkach do 600 °C lub izotermicznie w 680 °C	
Hartowanie	podgrzewanie			woda	≥ 62
	wygrzewanie	780—800	10—15		
	chłodzenie	20—50	—		
Odpuszczanie		≥ 170	1—2 h		



$A_{c1} \approx 720\text{ °C}$
 $A_{c3} \approx 750\text{ °C}$
 $M_s \approx 250\text{ °C}$



Zastosowanie główne: proste narzędzia tnące i narzędzia pracujące na uderzenia, jak noże do nożyc, przecinaki, zagłowniki, piły i narzędzia do drewna i tworzyw sztucznych.

Stale zastępcze: N10E, N9E, N9, N8E, N8, 60G, 60S2, 65, 75, 85

PN-EN: C70U

Stal N8E
(N8)

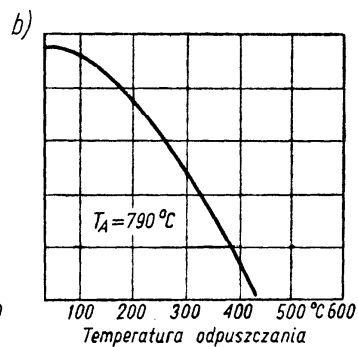
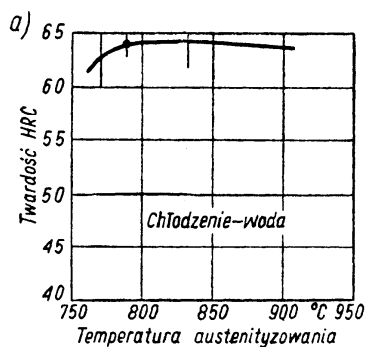
Kategoria A

Norma PN-66/H-85020

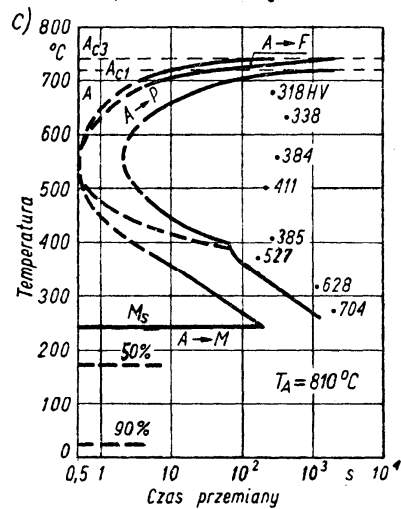
Skład chemiczny: C — 0,75—0,84%, Mn — 0,15—0,30%, Si — 0,15—0,30%, Cr — max. 0,15%, Ni — max. 0,20%.

Obróbka cieplna

Operacja		Temperatura °C	Czas wytrzymania minut	Rodzaj chłodzenia	Twardość HRC
Wyżarzanie zmiękczające		690—710	ok. 120	z piecem do 600 °C lub izotermicznie w 700 °C	
Hartowanie	podgrzewanie			woda	≥62
	wygrzewanie	760—780	10—15		
	chłodzenie	20—50	—		
Odpuszczanie		≥170	1—2 h	powietrze	



$A_{c1} \approx 725^\circ\text{C}$
 $M_s \approx 210^\circ\text{C}$



Zastosowanie główne: proste, twarde narzędzia tnące, noże do nożyc, przecinaki, dłuta i piły do drewna, kosy żniwiarskie, płyty wykrojowe, narzędzia pracujące na uderzenia.

Stale zastępcze: N10E, N9E, N9, N7, 65G, 60S2

PN-EN: C80U

Stal N9E
(N9)

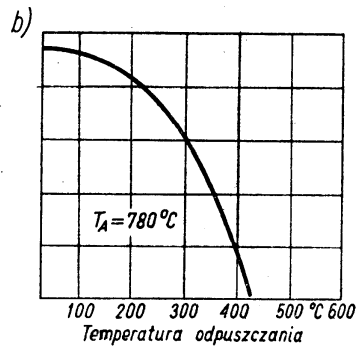
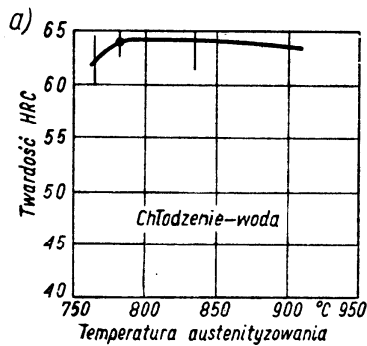
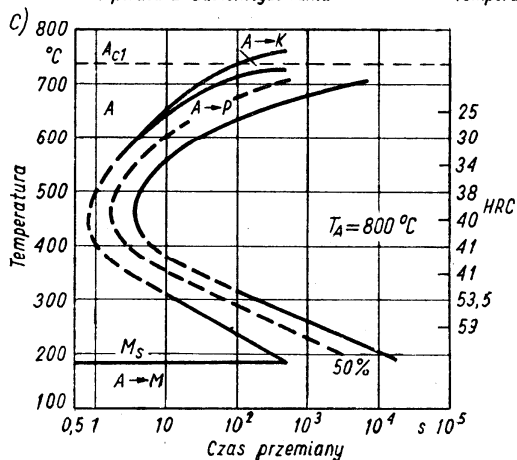
Kategoria A

Norma PN-66/H-85020

Skład chemiczny: C — 0,85—0,94%, Mn — 0,15—0,30%, Si — 0,15—0,30%, Cr — max. 0,15%, Ni — max. 0,20%

Obróbka cieplna

Operacja	Temperatura °C	Czas wytrzymania minut	Rodzaj chłodzenia	Twardość HRC	
Wyżarzanie zmiękczające	730—740	≥ 120	z piecem do 600 °C lub izotermicznie w 700 °C		
Hartowanie	podgrzewanie		woda	≥ 62	
	wygrzewanie	760—780			10—15
	chłodzenie	20—50			—
Odpuszczanie	≥ 170	1—2 h	powietrze		


 $A_{c1} \approx 725^\circ\text{C}$
 $M_s \approx 200^\circ\text{C}$


Zastosowanie główne: proste niepracochłonne narzędzia tnące, noże do nożyc, narzędzia do obr. drewna, narzędzia do prasowania i wyciskania.

Stale zastępcze: N11E, N11, N10E, N10, N8

PN-EN: C90U

Stal N11E
(N11)

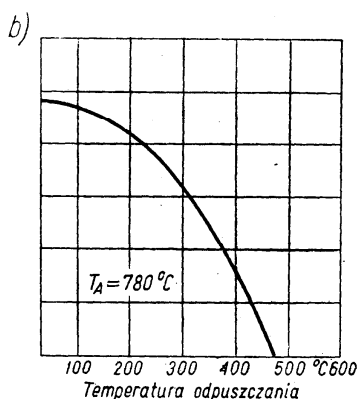
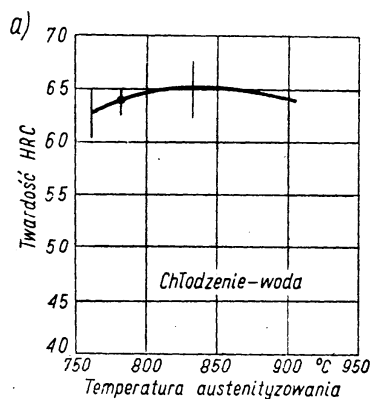
Kategoria A

Karta III
Norma PN-66/H-85020

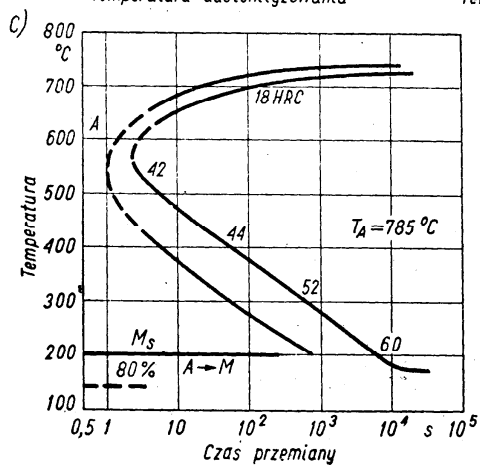
Skład chemiczny: C — 1,05—1,14%, Mn — 0,15—0,30%, Si — 0,15—0,30%, Cr — max. 0,15%, Ni — max 0,20%

Obróbka cieplna

Operacja	Temperatura °C	Czas wytrzymania minut	Rodzaj chłodzenia	Twardość HRC
Wyżarzanie zmiękczające	740—760	≥ 120	z piecem do 600 °C lub izotermicznie w 700 °C	
Hartowanie	podgrzewanie			
	wygrzewanie	760—780	woda	≥ 63
	chłodzenie	20—50	—	
Odpuszczanie	≥ 170	1—2 h	powietrze	



$A_{c1} \approx 725\text{ }^\circ\text{C}$
 $M_s \approx 200\text{ }^\circ\text{C}$



Zastosowanie główne: proste niepracochłonne narzędzia tnące, piłki do metalu, noże do nożyc, stemple i matryce hartowane od środka do prasowania i wyciskania.

Stale zastępcze: N12E, N12, N10E, N10, N9

PN-EN: C105U

Stal NWC

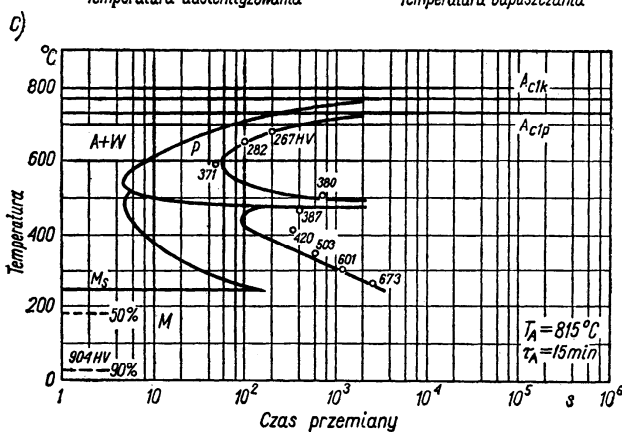
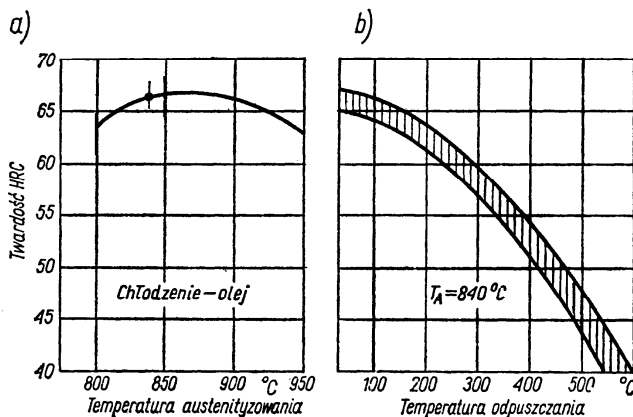
Kategoria A

Karta X
Norma PN-69/H-85023

Skład chemiczny: C ~ 1,0%, Mn ~ 1%, Si ~ 0,3%, Cr ~ 1,1%, W ~ 1,5%

Obróbka cieplna

Operacja	Temperatura °C	Czas wytrzymania minut	Rodzaj chłodzenia	Twardość HRC
Wyżarzanie zmiękczające	770–790	> 120	20 °C/h do 600 °C lub izotermicznie w 700 °C	
Hartowanie	podgrzewanie	300–550	olej	> 63
	wygrzewanie	820–840		
	chłodzenie	25–150		
Odpuszczanie	≥ 175	2 h	powietrze	



$A_{c1p} \approx 730\text{ °C}$;
 $A_{c1k} \approx 765\text{ °C}$
 $M_s \approx 220\text{ °C}$

Zastosowanie główne: stal o uniwersalnych własnościach narzędziowych na narzędzia skrawające i tnące jak: gwintowniki, narzynki, rozwiertaki, stemple i płyty wykrojnikowe, tańsze przeciągacze, droższe sprawdziany, stemple do wyciskania i prasowania metali na zimno.

Stale zastępcze: wyższe SW9, NCWV, niższe NC6, NC4S, NC4

PN-EN: 95MnWCr5

Stal NC11

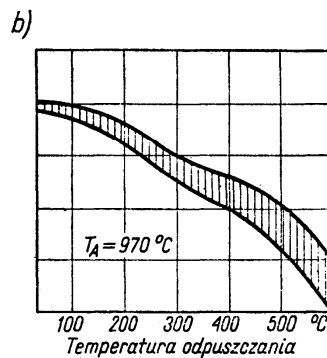
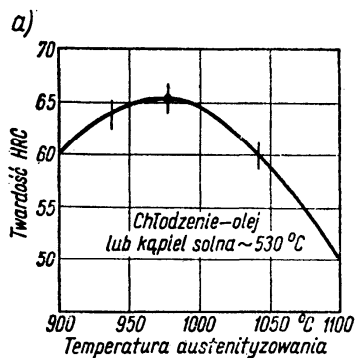
Kategoria A

Norma PN-69/H-85023

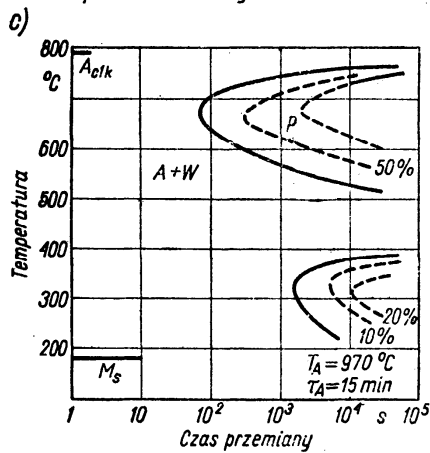
Skład chemiczny: C ~ 2,1%, Mn ~ 0,4%, Si ~ 0,4%, Cr ~ 12,0%

Obróbka cieplna

Operacja		Temperatura °C	Czas wytrzymania minut	Rodzaj chłodzenia	Twardość HRC
Wyżarzanie zmiękczające		820–850	3–6 h	10 °C/h do 650 °C lub izotermicznie w 720 °C	
Hartowanie	podgrzewanie	ok. 550 i ok. 850	30 i 20	—	62–65
	wygrzewanie	950–1000	15–20	olej lub sól	
	chłodzenie	100–530	10–15		
Odpuszczanie		200–450	2 h	powietrze	



$A_{c1p} \approx 780 \text{ °C};$
 $A_{c1k} \approx 810 \text{ °C}$
 $M_s \approx 180 \text{ °C}$



Zastosowanie główne: na narzędzia o wysokiej twardości, pracujące na uderzenia, kowadła specjalne, matryce do przeciągania, płyty i stemple wykrojnikowe, stemple do wyciskania metali.

Stale zastępcze: wyższe SW9C, SW9, NCWV, równorzędne NC10 niższe NC6, NCMS, NC4, NC7VL.

PN-EN: X210Cr12

Stal NC4 – (LH15)

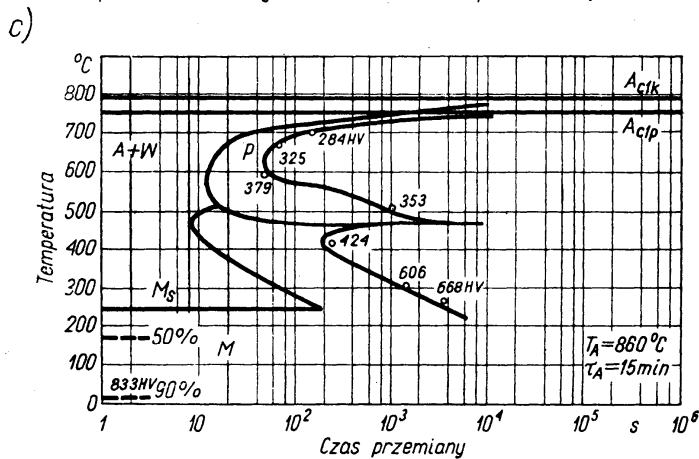
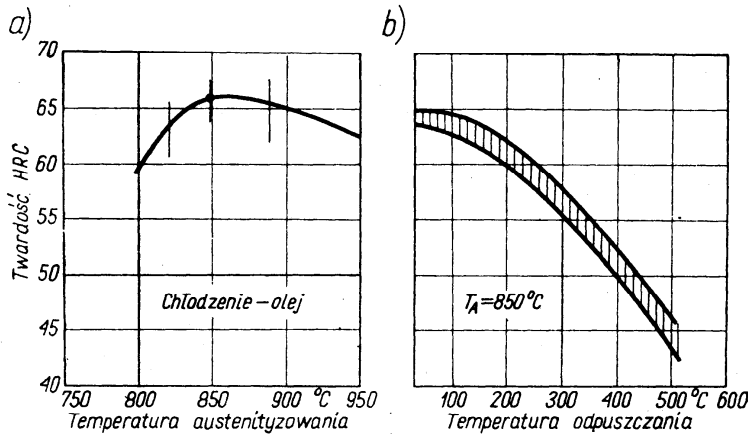
Kategoria A

Norma PN-69/H-58023

Skład chemiczny: C ~ 1,05%, Mn ~ 0,3%, Si ~ 0,25%, Cr ~ 1,4%.

Obróbka cieplna

Operacja		Temperatura °C	Czas wytrzymania minut	Rodzaj chłodzenia	Twardość HRC
Wyżarzanie zmiękczające		750–800	2–3 h	20 °C/h do 600 °C lub izotermicznie w 680 °C	
Hartowanie	podgrzewanie	ok. 580	ok. 30	olej	63–65
	wygrzewanie	840–860	15–25		
	chłodzenie	30–150	–		
Odpuszczanie		170–180	2 h	powietrze	≥62



$A_{c1} \approx 740 °C$;
 $A_{cm} \approx 920 °C$
 $M_s \approx 240 °C$
 $M_f \approx \text{minus } 30 °C$
 hartowność $\approx 25 \text{ mm}$

Zastosowanie główne: narzędzia pomiarowe, sprawdziany, płytki wzorcowe, gwintowniki długie.
 Stale zastępcze: wyższe NWC, równorzędne NC6, NC4S, NCMS.

PN-EN: 100Cr6

Stal NCLV

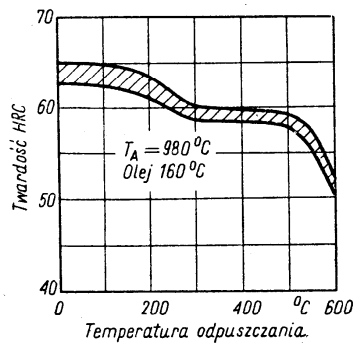
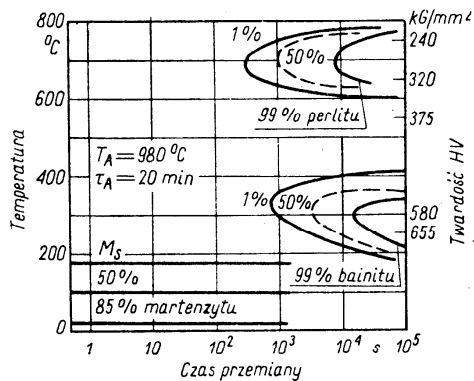
Kategoria A

Norma BN-69/0661-10

Skład chemiczny: C — 0,95—1,05%; Mn — 0,5—0,8%; Si — 0,2—0,4%; Cr — 4,5—5,5%;
Mo — 0,95—1,25%; V — 0,2—0,3%

Obróbka cieplna

Operacja		Temperatura °C	Czas wytrzymania minut	Rodzaj chłodzenia	Twardość HRC lub HB kG/mm ²
Wyżarzanie zmiękczające		820—860	3—4 h	chłodzenie 15 °C/h do 720 °C —3h	HB ≤ 240
Hartowanie	podgrzewanie	~580	30	olej	62—65
	wygrzewanie	950—980	25		
	chłodzenie	120—200	10—20		
Odpuszczanie		200 lub 520	2 h	powietrze	65—60



$A_{c1p} \approx 790 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $A_{c1k} \approx 820 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $M_s \approx 170 \text{ } ^\circ\text{C}$

Zastosowanie główne: narzędzia o wysokiej twardości i znacznej ciągliwości oraz odporne na ścieranie, duże noże i inne narzędzia do maszynowej obróbki drewna, narzędzia do plastycznej obróbki metali na zimno oraz wykrojniki.

Stale zastępcze: wyższe NCWV, SW9C, NC10, niższe NWC, NC4S, NCMS, NC6, NC4.

PN-EN: X100CrMoV5

Stal NZ3

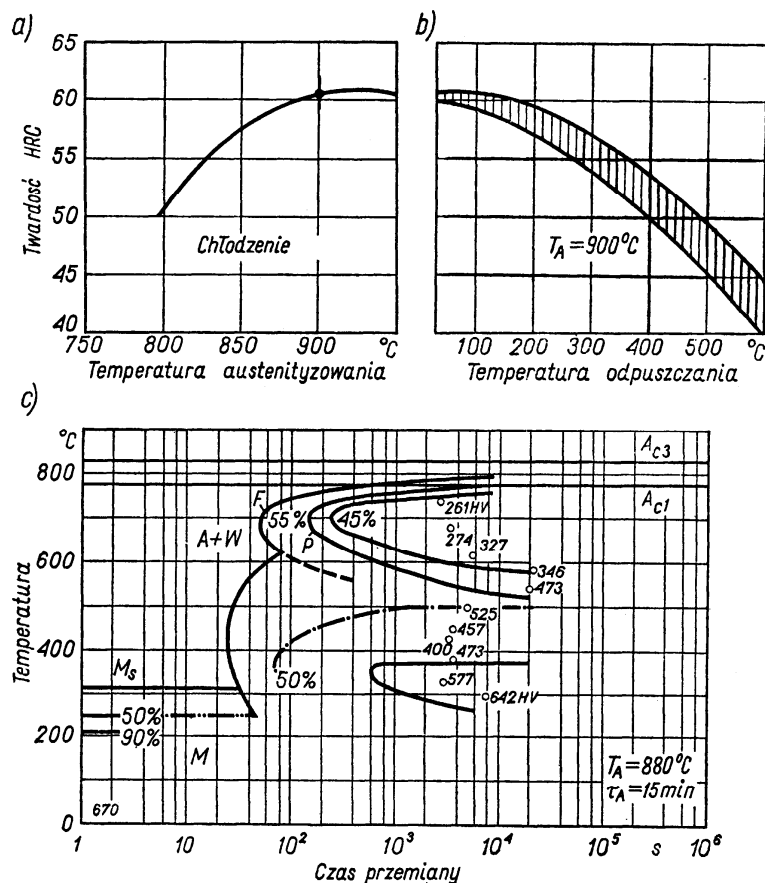
Kategoria A

Norma PN-69/H-85023

Skład chemiczny: C ~ 0,55%, Mn ~ 0,3%, Si ~ 0,9%, Cr ~ 1,1%, W ~ 2,0%

Obróbka cieplna

Operacja		Temperatura °C	Czas wytrzymania minut	Rodzaj chłodzenia	Twardość HRC
Wyżarzanie zmiękczające		760–780	≥ 120	20 °C/h do 600 °C lub izotermiczna w 700 °C	
Hartowanie	podgrzewanie	500–550	30–60	olej	55–60
	wygrzewanie	850–900	15–20		
	chłodzenie	25–180	—		
Odpuszczanie		≥ 180	2 h		



$A_{c1} \approx 770 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $A_{c3} \approx 820 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $M_s \approx 315 \text{ } ^\circ\text{C}$

Zastosowanie główne: stal o uniwersalnych właściwościach narzędziowych przy niższych twardościach, noże do nożyc maszynowych, narzędzia pneumatyczne, narzędzia do pracy na gorąco, do obróbki drewna.

Stale zastępcze: wyższe NC10, WWS równorzędne NZ2, NPW, WC4, niższe NCS, 35HGS.

PN-EN: 60WCrV8

Stal WNL

Kategoria B

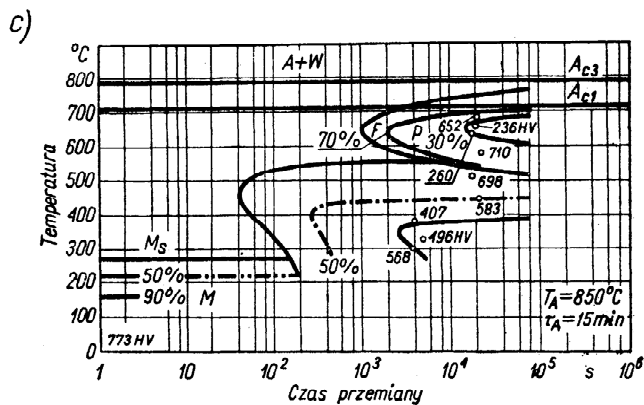
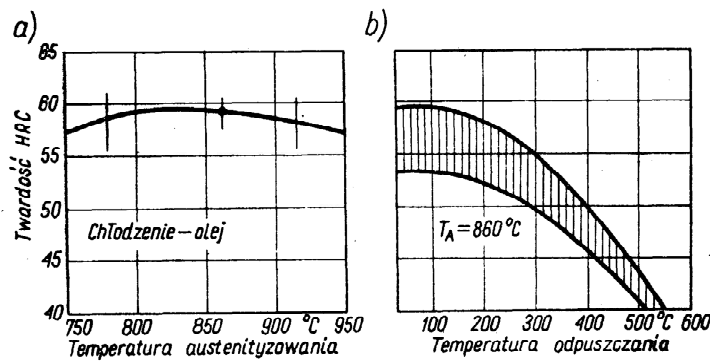
Norma PN-69/H-85021

Skład chemiczny: C ~ 0,55%, Mn ~ 0,7%, Si ~ 0,2%, Cr ~ 0,7%, Ni ~ 1,6%,
Mo ~ 0,25%

Obróbka cieplna

Operacja	Temperatura °C	Czas wytrzymania h	Rodzaj chłodzenia	Twardość HRC
Wyżarzanie zmiękczające	650–680	2–3	z piecem lub skrzynce do 550 °C	
Hartowanie	podgrzewanie	550–50 °C/h		olej
	wygrzewanie	850–880	2	
	chłodzenie	100–350	—	
Odpuszczanie	450–600	2–3		

patrz rozdz. 7/1-2



$A_{c1} \approx 720^\circ\text{C}$;
 $A_{c3} \approx 780^\circ\text{C}$;
 $M_s \approx 270^\circ\text{C}$

Zastosowanie główne: ograniczone, ze względu na zawartość niklu; matryce kuznicze wszelkiego rodzaju.

Stale zastępcze: WNL2 (Norma BN-69/0661-09), WCMB, WC2 niższe WMCL.

PN-EN: 55NiCrMoV7

Stal WCL

Kategoria A

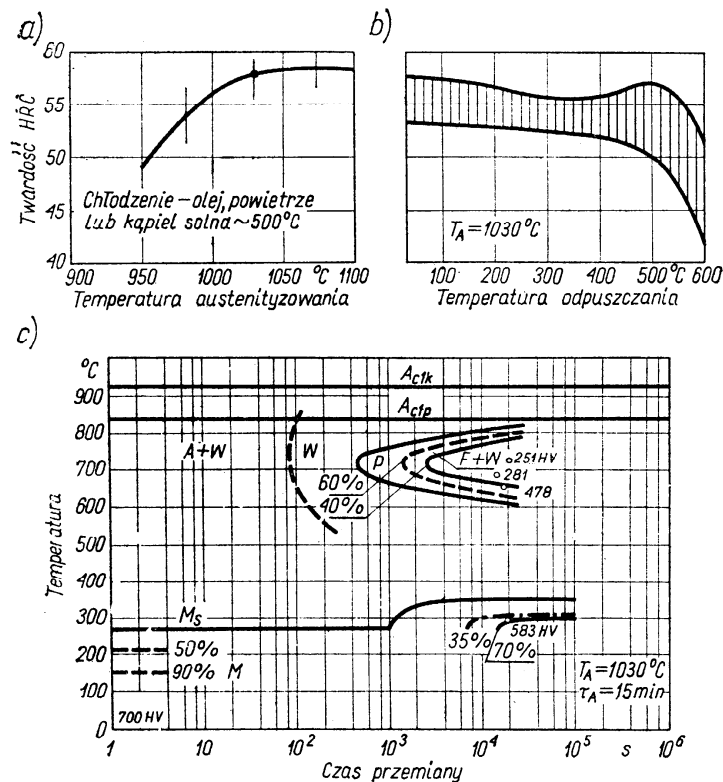
Norma PN-69/H-85021

Skład chemiczny: C ~ 0,4%, Mn ~ 0,4%, Si ~ 1,0%, Cr ~ 5,0%, Mo ~ 1,3%, V ~ 0,3%

Obróbka cieplna

Operacja		Temperatura °C	Czas wytrzymania h	Rodzaj chłodzenia	Twardość HRC
Wyżarzanie zmiękczające		780–820	3–4	w skrzynce z piecem do 550 °C	
Hartowanie	podgrzewanie	550–50 °C/h		olej/sól	50–57
	wygrzewanie	1000–1050	1–1,5		
	chłodzenie	100–500			
Odpuszczanie		550–650	3–4 h	powietrze	

patrz rozdz. 7/1-2



Zastosowanie główne: na wysoko wydajne formy do odlewania metali pod ciśnieniem i wkładki matryc do wyciskania rur i prętów z metali nieżelaznych.

Stale zastępcze: WWS, niższe WC4, 3H13, NZ2, WC2, WNL.

PN-EN: X37CrMoV5-1

Stal WWN1

Kategoria B

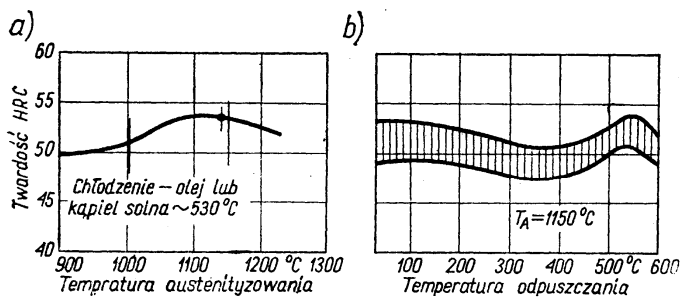
Norma PN-69/H-85021

Skład chemiczny: C ~ 0,3%, Mn ~ 0,3%, Si ~ 0,3%, Cr ~ 2,7%, W ~ 9,0%, Ni ~ 1,5%,
V ~ 0,3%

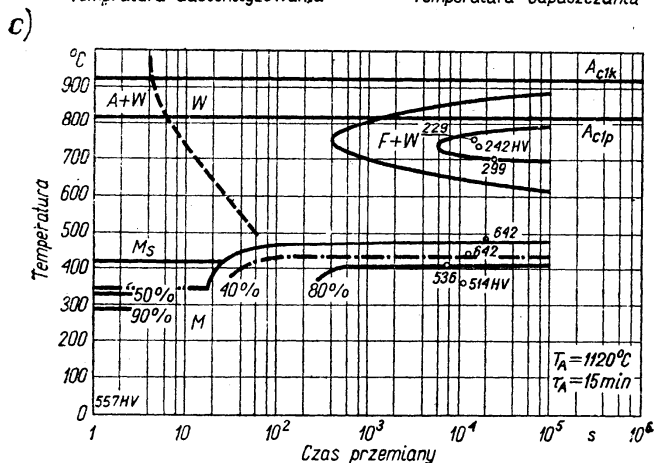
Obróbka cieplna

Operacja	Temperatura °C	Czas wytrzymania minut	Rodzaj chłodzenia	Twardość HRC	
Wyżarzanie zmiękczające	760–800	ok. 4 h	z piecem ~ 15°C/h do 550 °C		
Hartowanie	podgrzewanie	550–50 °C/h	olej	45–52	
	wygrzewanie	1100–1150			ok. 60
	chłodzenie	100–550			—
Odpuszczanie	do ~ 650	3–5 h	spokojne powietrze		

Obróbka cieplna patrz rozdział 7 narzędzia do obróbki plastycznej na gorąco



$A_{c1p} \approx 820 \text{ } ^\circ\text{C};$
 $A_{c1k} \approx 930 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $M_s \approx 420 \text{ } ^\circ\text{C}$



Zastosowanie główne: formy do odlewania pod ciśnieniem metali, wkładki matryc kuzniczych i przeciągadła dla rur do pracy na gorąco.

Stale zastępcze: SW9, WWS, WCL.

PN-EN: X30WCrV9-3

Stal WWS1

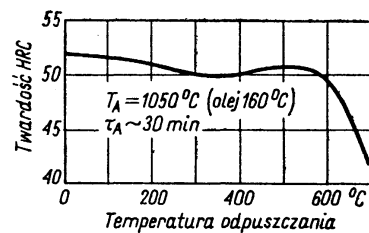
Kategoria A

Norma BN-69/0661-09

Skład chemiczny: C—0,25—0,35%; Mn—0,2—0,4%; Si—0,8—1,2%; Cr—2,2—2,7%;
W—4,0—5,0%; V = 0,4—0,6%.

Obróbka cieplna

Operacja		Temperatura °C	Czas wytrzymania h	Rodzaj chłodzenia	Twardość HRC lub HB kG/mm ²
Wyżarzanie zmiękczające		750—780	3—4	z piecem do 550 °C	HB ≤ 240
Hartowanie	podgrzewanie	550—50 °C/h	—	olej	50—53
	wygrzewanie	1020—1080	~1		
	chłodzenie	150—500	—		
Odpuszczanie		550—650	3—4	powietrze	50—45



$A_{c1p} \approx 820\text{ °C}$
 $A_{c1k} \approx 920\text{ °C}$
 $M_s \approx 400\text{ °C}$

Zastosowanie główne: narzędzia do pracy na gorąco — jak ze stali WWS.

Stale zastępcze: WWS, WLK, WCL, WC4.

PN-EN: X30WCrV5-3

18—0—1 (odpowiedniki zagraniczne: P18; B18; T1; 19826; R3)

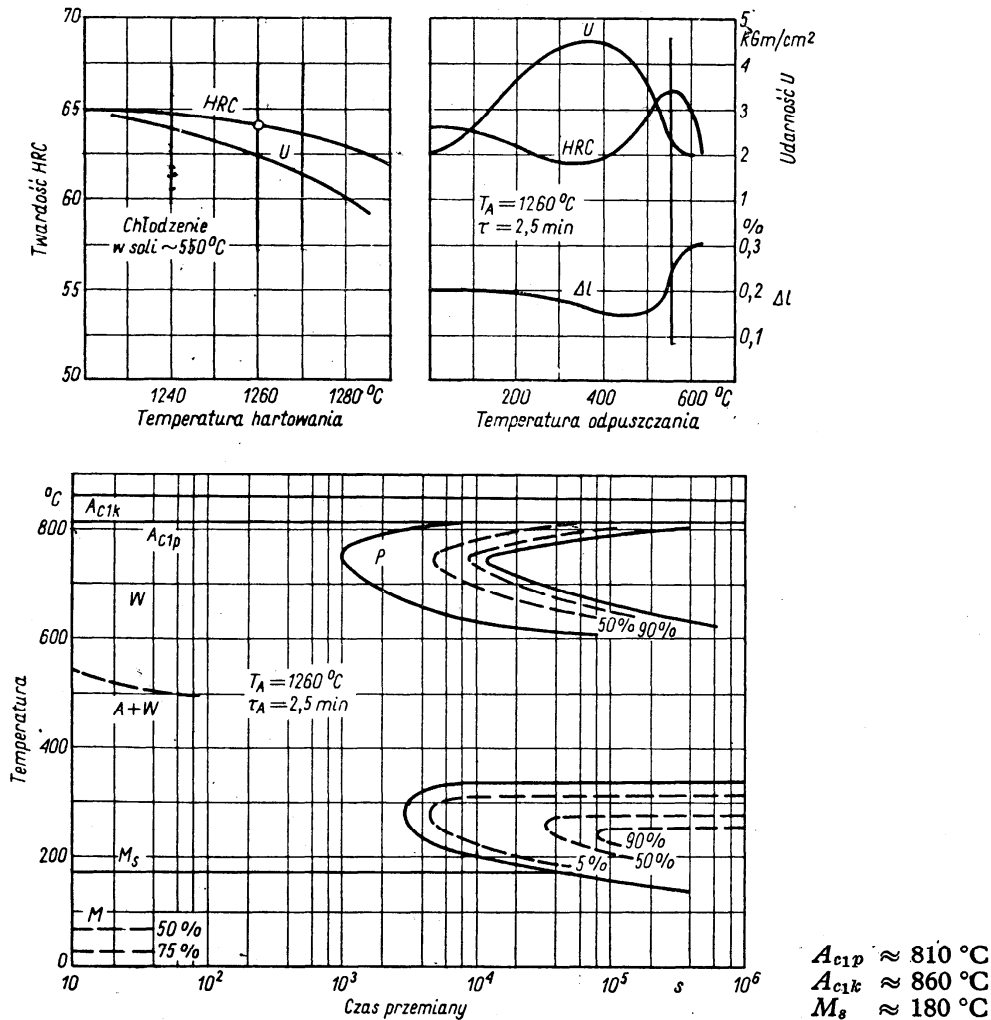
Skład chemiczny: C = 0,70—0,85%; Cr = 3,8—4,8%; W = 16,5—19,5%; V = 1,0—1,5%
i Si = max 0,40%; Mn = max 0,40%.

Operacja obróbki cieplnej		Rodzaj podgrzewania (oznaczenie skrótowe)	Temperatura °C	Czas wytrzyma- nia	Rodzaj chłodzenia (oznaczenie skrótowe)	Twardość HRC lub HB kG/mm ²
1		2	3	4	5	6
Wyzarzanie	zmiękczające	9 lub 3	820—850	2—4 h	28—15 i 29	HB = 240—280
	izotermiczne	3 i 35	~740	4—6 h	26 lub 27	—, —
	utwardzające	9 i 37	~860	~30 min	25	38—40
Hartowanie	I podgrzewanie	5	550	~30 min	—	—
	II podgrzewanie	10 lub 9	900—950	~20 min	—	—
	wygrzewanie narzędzi precyzyjnych	11	1240	2,5 min	13 lub 14	—
	wygrzewanie narzędzi prostych	11	1260—1270	2,5 min	13 lub 17	—
	I podchładzanie	—	550—250	5—10 min	13 lub 14	—
	II chłodzenie	—	~70	(2—3 h)	25	>62
I odpuszczanie		5 lub 6	570—580	2 h	25 lub 27	—
II odpuszczanie		—, —	~550	1 h	—, —	64—66
Inne zabiegi	31	lub „hydrofinisz”			—	—
	zamiast II odpuszczania	32 lub 7	550	30—60 min	26 i 25	—

Zastosowanie główne: noże tokarskie i strugarskie jednolite w produkcji mało seryjnej i narzędziowej do obróbki skrawaniem materiałów o średniej wytrzymałości ($R_m < 80 \text{ kG/mm}^2$).

Stale zastępcze: SW7Mo, SW14

PN-EN: HS18-0-1



Własności po hartowaniu i odpuszczaniu w optymalnych parametrach:

- współczynnik rozszerzalności liniowej $\alpha = 14 \cdot 10^{-6}/\text{°C}$,
- współczynnik przewodnictwa cieplnego $\lambda (300\text{ °C}) = 0,25\text{ cal}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{°C})$,
- wytrzymałość na ściskanie $R_e (1260/570\text{ °C}) = 370\text{ kG/mm}^2$,
- udarność (na próbkach bez karbu $8 \times 10 \times 55\text{ mm}$) w temperaturze otoczenia $U (1260/570\text{ °C}) = 2,2\text{ kGm/cm}^2$,
- zmiana wymiaru długości (w stosunku do stanu przed hartowaniem) $\Delta l (1260/570\text{ °C}) = 0,20\%$,
- odpuszczalność ($1260/625\text{ °C} - 4\text{ h}$) $HRC = 61$,
- ciężar właściwy (w stanie wyżarzonym) $= 8,6\text{ kG/dm}^3$.

Najważniejsze eksploatacyjne cechy stali szybko tnącej SW18: mało ekonomiczna i nisko wydajna stal szybko tnąca starszego typu, wycofywana stopniowo z eksploatacji.

PN-EN: HS18-0-1

Stal SK5V

Kategoria B

Norma BN-68/0631-05

12—1—4—5 (odpowiedniki zagraniczne: SKV; SW13K5V4; EV4Co; T15; 419858)

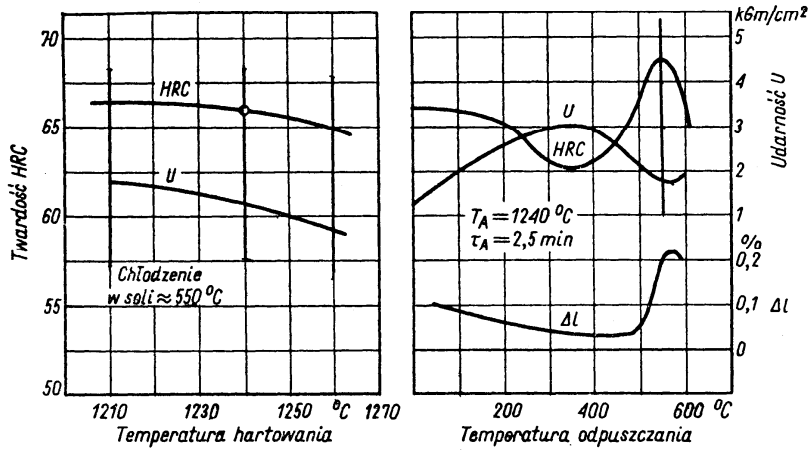
Skład chemiczny: C = 1,30—1,45%, Cr = 3,8—4,8%; W = 12,0—13,5%; Mo = 0,75—1,25%; V = 4,2—4,8%; Co = 5,0—6,0%; Si = max 0,40%; Mn = max 0,40%.

Operacja obróbki cieplnej		Rodzaj podgrzewania (oznaczenie skrótowe)	Temperatura °C	Czas wytrzyma- nia	Rodzaj chłodzenia (oznaczenie skrótowe)	Twardość HRC lub HB kG/mm ²
1		2	3	4	5	6
Wyzarzanie	zmiękczające	3 lub 9	820—850	3—4 h	28—15 i 29	HB = 240—285
	izotermiczne	3 i 35	740	4—6 h	26 lub 27	—, —
	utwardzające	9 i 37	~860	~25 min	25	39—41
Hartowanie	I podgrzewanie	5 lub 9	~580	~30 min	—	—
	II podgrzewanie	10 lub 9	900—1000	~15 min	—	—
	wygrzewanie narzędzi precyzyjnych	11	1200—1230	2,5 min	13 lub 14	—
	wygrzewanie narzędzi prostych	11	1240—1250	2,5 min	„	—
	I podchładzanie	—	~550	5—10 min	„	—
	II chłodzenie	—	~60	(2—3 h)	25	66—64
	I odpuszczanie	5 lub 6	560—570	—2 h	25 lub 27	—
II odpuszczanie	—, —	~540	~1 h	—, —	65—67	
Inne zabiegi	31	lub „hydrofinisz”			—	—
	7	—	~540	~30 min	26	—

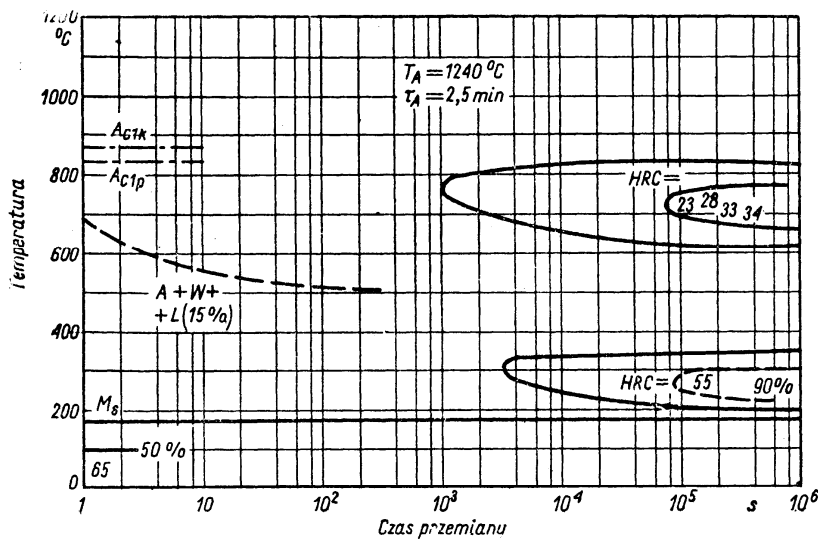
Zastosowanie główne: maksymalnie wysokowydajne narzędzia jednoostrzowe i w nielicznych przypadkach końcówki noży automatowych, noże oprawkowe, kształtowe, przeciągadła, oraz wysokowydajne narzędzia zastępujące węgliki spiekane.

Stale zastępcze: SK10V, SKC, SK5, SK5C, SWV.

PN-EN: HS12-1-5-5



$A_{C1p} \approx 820^\circ\text{C}$
 $A_{C1k} \approx 870^\circ\text{C}$
 $M_s \approx 180^\circ\text{C}$



Własności po hartowaniu i odpuszczaniu w optymalnych warunkach:

- współczynnik rozszerzalności liniowej $\alpha = 9 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$,
- współczynnik przewodnictwa cieplnego $\lambda (300^\circ\text{C}) = 0,08 \text{ cal}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})$,
- wytrzymałość na ściskanie $R_c (1230/560^\circ\text{C}) = 410 \text{ kG/mm}^2$,
- udarność (na próbkach bez karbu $8 \times 10 \times 55 \text{ mm}$) w temperaturze otoczenia $U (1230/560^\circ\text{C}) = 1,6 \text{ kGm/cm}^2$,
- zmiana wymiaru długości (w stosunku do stanu przed hartowaniem) $\Delta l (1230/560^\circ\text{C}) = 0,18\%$,
- odpuszczalność ($1240/625^\circ\text{C} - 4 \text{ h}$) $HRC = 65$,
- ciężar właściwy (w stanie wyżarzonym) $= 8,4 \text{ kG/dm}^3$.

Najważniejsze eksploatacyjne cechy stali szybko tnącej SK5V: wysokostopowa, wysokowydajna oraz wysokoodporna na ścieranie stal szybko tnąca kobaltowo-wanadowa (praktycznie maksymalnie stopowa).

15HN	STAL DO NAWĘGLANIA	PN-72/H-84030
Karta nr 11		

1. Skład chemiczny, % i punkty przełomowe, °C

C	Mn	Si	Cr	Ni		A_{c1}	A_{c3}	M_s
0,12 ÷ 0,18	0,40 ÷ 0,60	0,17 ÷ 0,37	1,40 ÷ 1,70	1,40 ÷ 1,70		720	830	420

2. Własności mechaniczne próbek kwalifikacyjnych (min)

R_m kG/mm ²	R_e kG/mm ²	A_5 %	Z %	U kG·m/cm ²
100	85	12	45	8

3. Zalecane warunki obróbki cieplnej

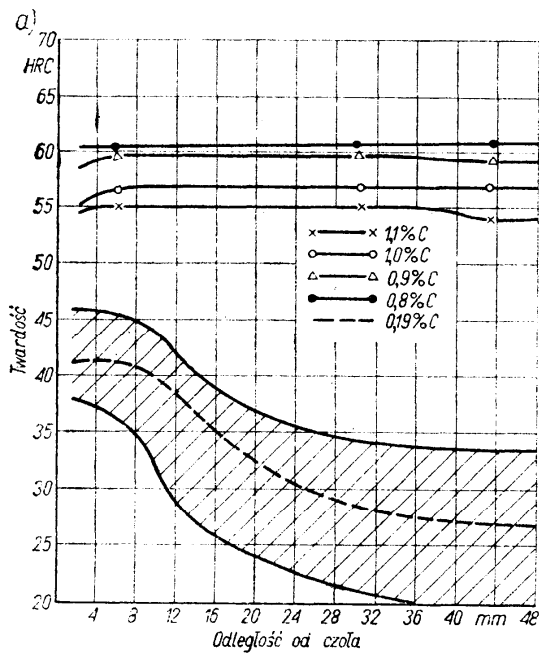
Nawęglanie: 870 ÷ 930°C – chłodzenie po nawęglaniu w powietrzu lub w przedSIONKU (studzienca)
Wysokie odpuszczanie w temp. ok. 650°C i *hartowanie jednokrotne:* 820 ÷ 840°C – olej. *Węglotlenowanie:* 800 ÷ 900°C – *hartowanie bezpośrednie* lub z podchładzaniem do 820°C.
Odpuszczanie: 160 ÷ 200°C.
Twardość rdzenia: 23 ÷ 42 HRC.
 Ze względu na zwiększoną ilość austenitu szczytkowego w warstwie nawęglonej nie jest zalecane stosowanie po nawęglaniu hartowania bezpośredniego.

4. Ogólna charakterystyka i wytyczne stosowania

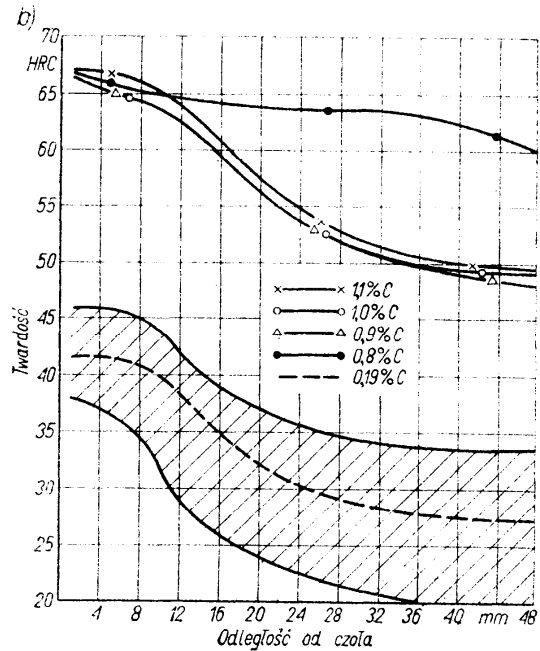
Stal do nawęglania o średniej hartowności stosowana jest na części o średnich przekrojach (do $\varnothing 30$ przy hartowaniu w oleju i do $\varnothing 50$ przy hartowaniu w wodzie), i dużej wyt. zymałości ($R_m > 100$ kG/mm²) oraz ciągliwości rdzenia; przy większych przekrojach własności rdzenia ulegają obniżeniu. Stosuje się ją na koła zębate, wały, czopy, sworznie, wałki, dźwignie itp. części konstrukcyjne pracujące przy zmiennych obciążeniach.

5. Hartowność rdzenia i warstwy nawęglonej [22]

a) Hartowanie bezpośrednie z temperatury 930°C



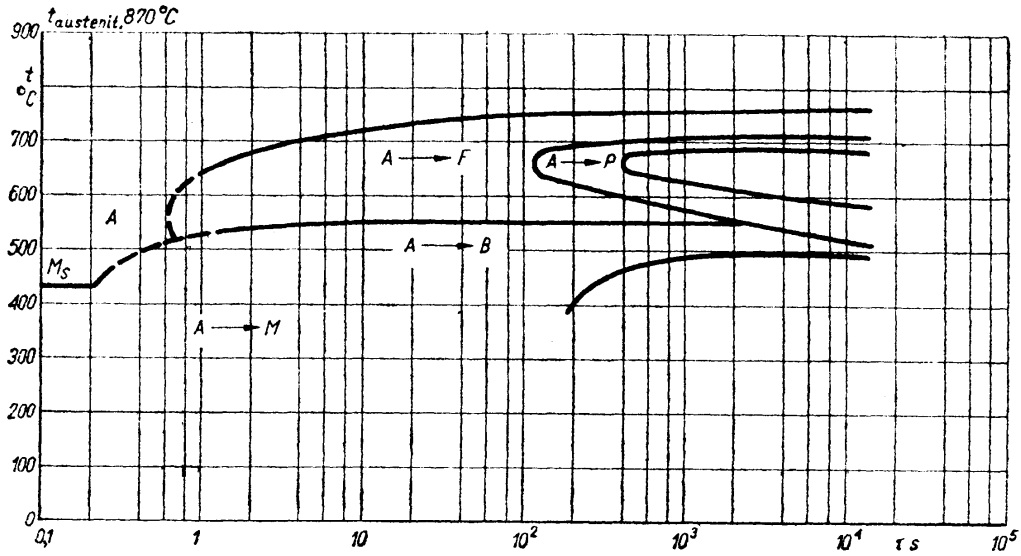
b) Hartowanie jednokrotne z temperatury 820°C



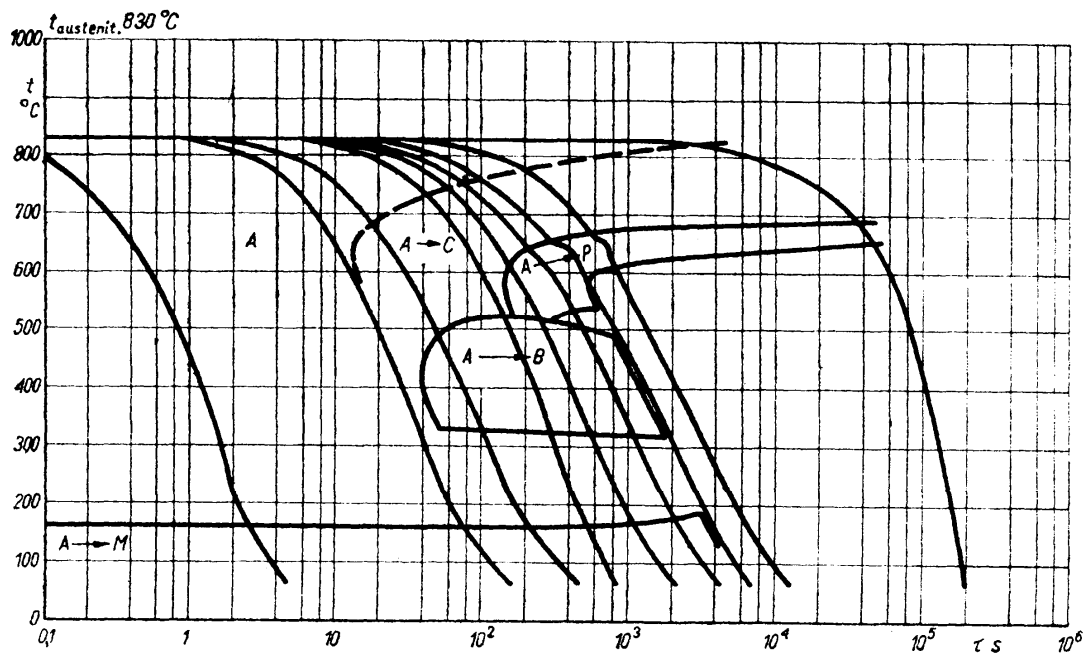
6. Średnice krytyczne, mm

% martenzytu	$H = \infty$	$H = 1,5$ (woda)	$H = 0,4$ (olej)
50	~ 65	~ 50	~ 30
90	—	~ 35	~ 20

7. Wykres CTPi [20]



8. Wykres CTPc [20] dla warstwy nawęglonej



30H	STAL DO ULEPSZANIA CIEPLNEGO	PN-72/H-84030
Karta nr 21		

1. Skład chemiczny, % i punkty przelomowe, °C

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo		A_{c1}	A_{c2}	M_s
0,27 ÷ 0,35	0,50 ÷ 0,80	0,17 ÷ 0,37	0,80 ÷ 1,10	max 0,30			740	800	365

2. Własności mechaniczne

Własność	Jednostki	Próbki kwalif.	Grubość wyrobu D , mm			
			$D \leq 16$	$16 < D \leq 40$	$40 < D \leq 100$	$100 < D \leq 160$
R_m	kG/mm ²	90	90 ÷ 105	80 ÷ 95	70 ÷ 85	—
R_e	kG/mm ²	75	75	60	50	—
A_5	%	12	13	13	14	—
Z	%	45	45	45	45	—
U	kG·m/cm ²	7	7	6	5	—

3. Zalecane warunki obróbki cieplnej

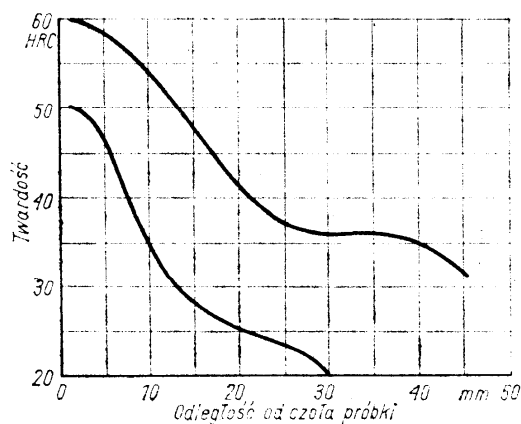
hartowanie: 860°C — olej.

odpuszczanie: 500°C — woda lub olej.

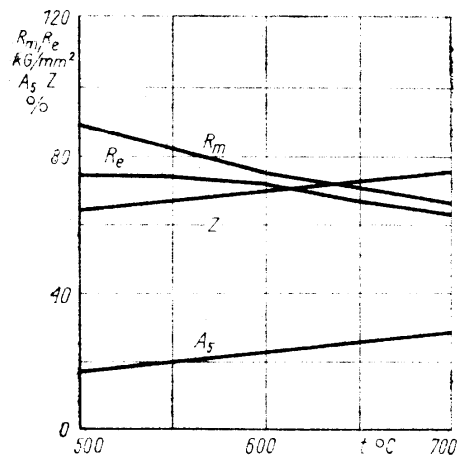
4. Wytyczne zastosowania

Stal do ulepszenia cieplnego o średniej hartowności, pozwalającej na osiągnięcie najlepszych własności mechanicznych w przekrojach do grubości 45 mm przy hartowaniu w wodzie, a do 30 mm przy hartowaniu w oleju. Stosuje się ją na różne części konstrukcyjne ulepszone cieplnie.

5. Pasma hartowności



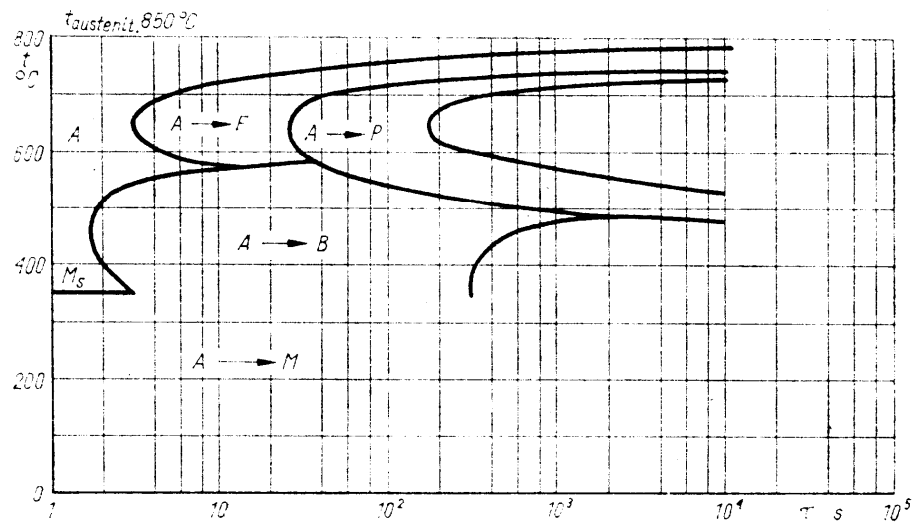
6. Zależność własności mechanicznych od temperatury odpuszczania [21]



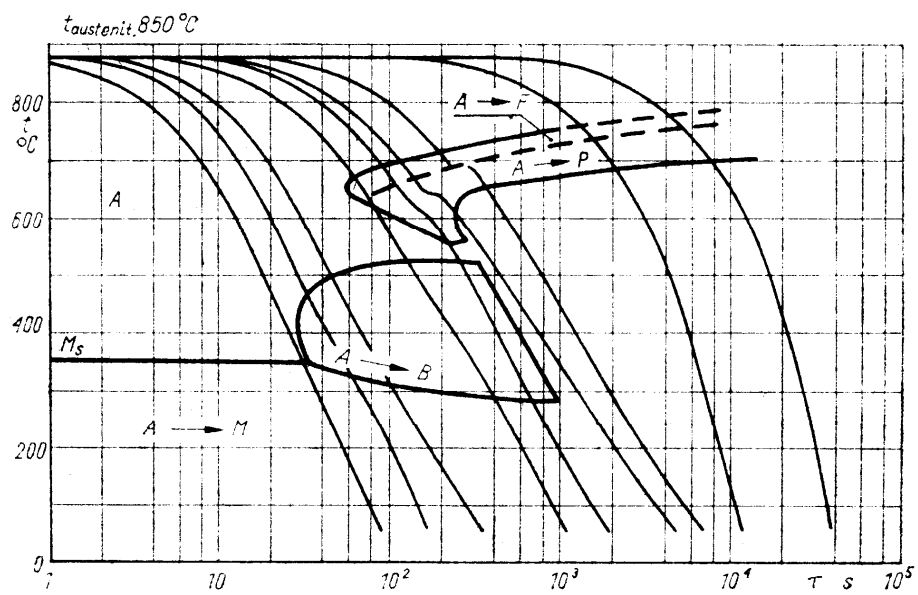
7. Średnice krytyczne, mm

% martenzytu	$H = \infty$	$H = 1,5$ (woda)	$H = 0,4$ (olej)
50	~ 65	~ 45	~ 30
90	—	~ 35	~ 20

8. Wykres CTPi [20]



9. Wykres CTPc [20]



40H	STAL DO ULEPSZANIA CIEPLNEGO	PN-72/H-84030
Karta nr 22		

1. Skład chemiczny, % i punkty przełomowe, °C

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	A_{c1}	A_{c3}	M_s
0,36 ÷ 0,44	0,50 ÷ 0,80	0,17 ÷ 0,37	0,80 ÷ 1,10	max 0,30	—	740	780	350

2. Własności mechaniczne

Własność	Jednostki	Próbki kwalif.	Grubość wyrobu D , mm			
			$D \leq 16$	$16 < D \leq 40$	$40 < D \leq 100$	$100 < D \leq 160$
R_m	kG/mm ²	100	100 ÷ 120	90 ÷ 105	80 ÷ 95	—
R_e	kG/mm ²	80	80	65	55	—
A_5	%	10	10	11	12	—
Z	%	45	45	45	45	—
U	kG·m/cm ²	6	6	6	5	—

3. Zalecane warunki obróbki cieplnej

hartowanie: 850°C — olej, *odpuszczanie*: 500°C — woda lub olej;

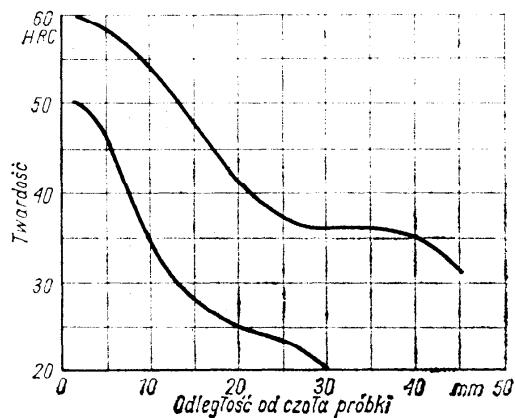
hartowanie powierzchniowe: 870 ÷ 920°C — woda lub olej;

odpuszczanie: 160°C — 2 h.

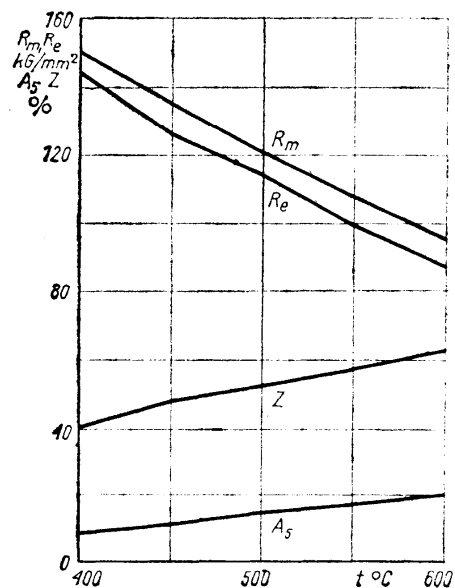
4. Wytyczne zastosowania

Stal konstrukcyjna o średniej hartowności, pozwalającej na osiągnięcie najlepszych własności mechanicznych na przekrojach do grubości 40 mm przy hartowaniu w oleju. Nadaje się do hartowania powierzchniowego. Minimalna twardość po hartowaniu powierzchniowym i odpuszczaniu 50 HRC. Stosuje się ją na różne części konstrukcyjne jak prowadnice, rolki oporowe, koła zębate i inne.

5. Pasma hartowności



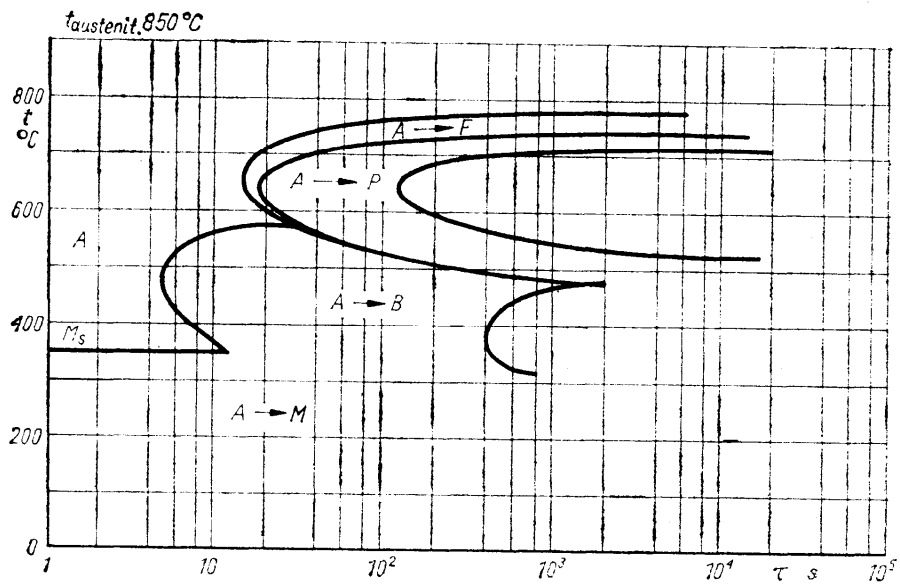
6. Zależność własności mechanicznych od temperatury odpuszczania [21]



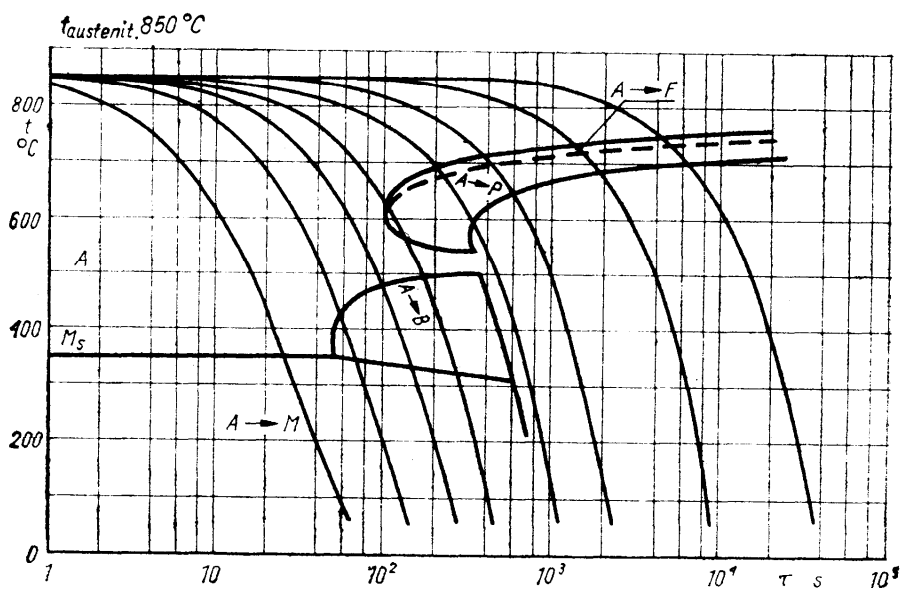
7. Średnice krytyczne, mm

% martenzytu	$H = \infty$	$H = 1,5$ (woda)	$H = 0,4$ (olej)
50	~ 75	~ 60	~ 40
90	—	~ 45	~ 30

8. Wykres CTPi [20]



9. Wykres CTPc [20]



37HS	STAL DO ULEPSZANIA CIEPLNEGO	PN-72/H-84030
Karta nr 25		

1. Skład chemiczny, % i punkty przełomowe, °C

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo		A_{c1}	A_{c3}	M_s
0,35 ÷ 0,42	0,30 ÷ 0,60	1,00 ÷ 1,30	1,30 ÷ 1,60	max 0,30	—		750	840	325

2. Własności mechaniczne

Własność	Jednostki	Próbki kwalif.	Grubość wyrobu D , mm			
			$D \leq 16$	$16 < D \leq 40$	$40 < D \leq 100$	$100 < D \leq 160$
R_m	kG/mm ²	95	—	95	85	75
R_e	kG/mm ²	75	—	75	65	55
A_1	%	12	—	12	14	15
Z	%	50	—	50	55	60
U	kG·m/cm ²	7	—	—	—	—

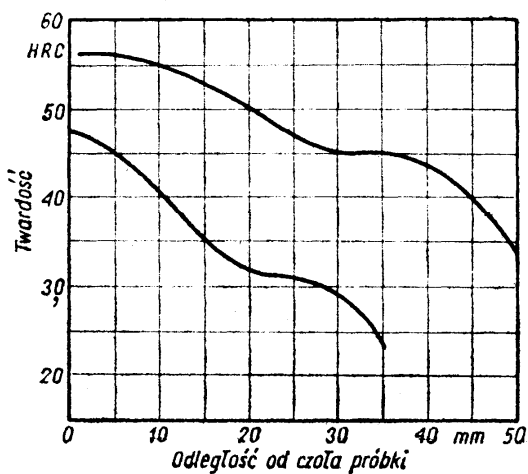
3. Zalecane warunki obróbki cieplnej

hartowanie: 900°C – olej,
odpuszczanie: 630°C – olej.

4. Wytyczne zastosowania

Stal do ulepszenia cieplnego o dość dużej hartowności, pozwalającej na osiągnięcie najwyższych własności mechanicznych na przekrojach do grubości 85 mm, przy hartowaniu w oleju. Stosuje się ją na osie, wały i inne części maszyn o wymaganej większej plastyczności i sprężystości.

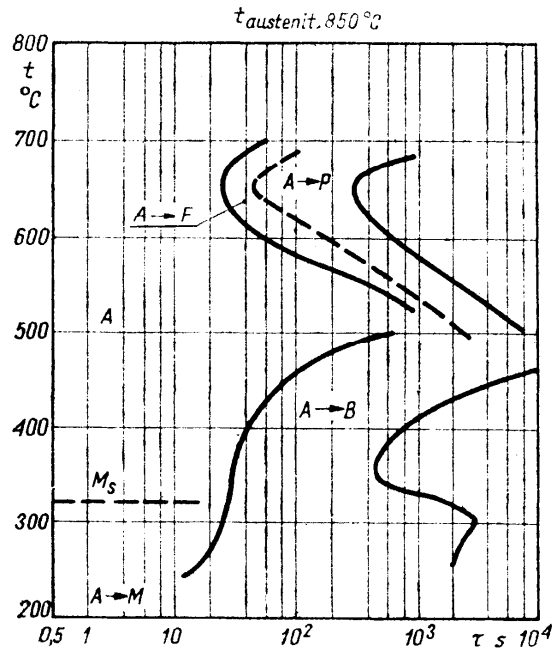
5. Pasma hartowności

6. Zależność własności mechanicznych od temperatury odpuszczania
Brak danych

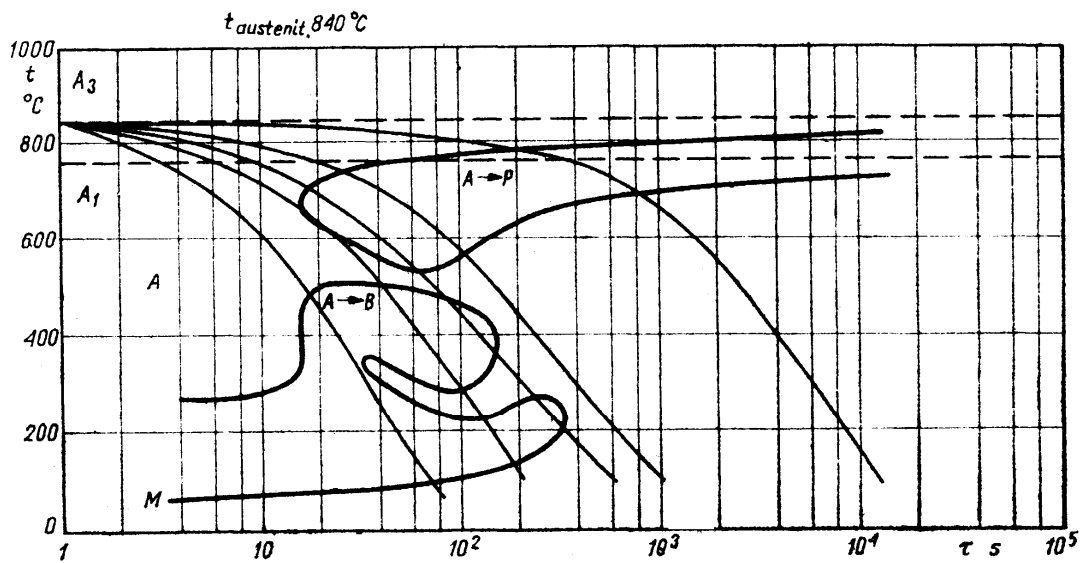
7. Średnice krytyczne, mm

% martenzytu	$H = \infty$	$H = 1,5$ (woda)	$H = 0,4$ (olej)
50	~ 130	~ 115	~ 85
90	—	~ 80	~ 60

8. Wykres CTPi [19]



9. Wykres CTPc [27]



30HGS	STAL DO ULEPSZANIA CIEPLNEGO	PN-72/H-84030
Karta nr 26		

1. Skład chemiczny, % i punkty przelomowe, °C

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo		A_{c1}	A_{c3}	M_s
0,28 ÷ 0,35	0,80 ÷ 1,10	0,90 ÷ 1,20	0,80 ÷ 1,10	max 0,30	—		750	840	340

2. Własności mechaniczne

Własność	Jednostki	Próbki kwalif.	Grubość wyrobu D , mm			
			$D \leq 16$	$16 < D \leq 40$	$40 < D \leq 100$	$100 < D \leq 160$
R_m	kG/mm ²	110	105 ÷ 120	95 ÷ 110	85 ÷ 100	75 ÷ 90
R_e	kG/mm ²	85	85	75	60	55
A_5	%	10	10	10	11	12
Z	%	45	45	45	45	50
U	kG·m/cm ²	5	5	5	5	—

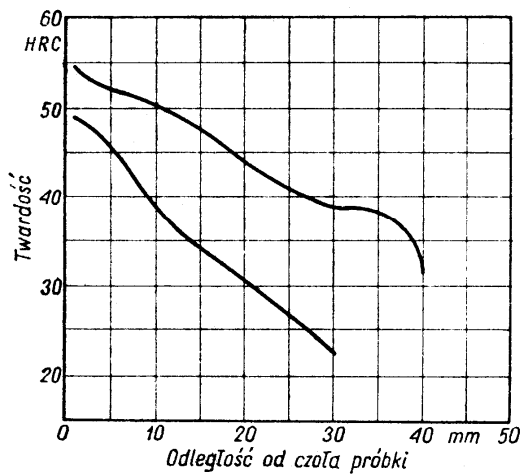
3. Zalecane warunki obróbki cieplnej

hartowanie: 880°C – olej,
odpuszczanie: 540°C – woda lub olej.

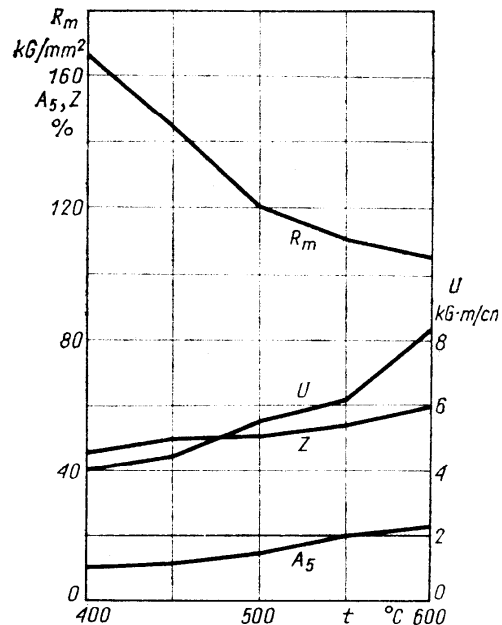
4. Wytyczne zastosowania

Stal do ulepszenia cieplnego o dużej hartowności, pozwalającej na osiągnięcie dobrych własności mechanicznych w przekrojach o grubości do 65 mm przy hartowaniu w oleju. Stosuje się ją na części maszyn o średnich przekrojach i znacznej wytrzymałości, jak wały napędowe wykorbione, osie, czopy itp.

5. Pasma hartowności



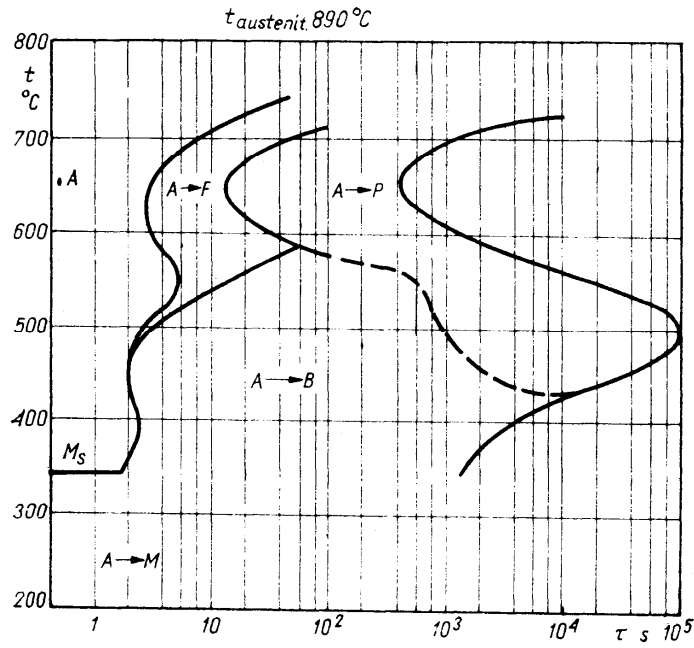
6. Zależność własności mechanicznych od temperatury odpuszczania [21]



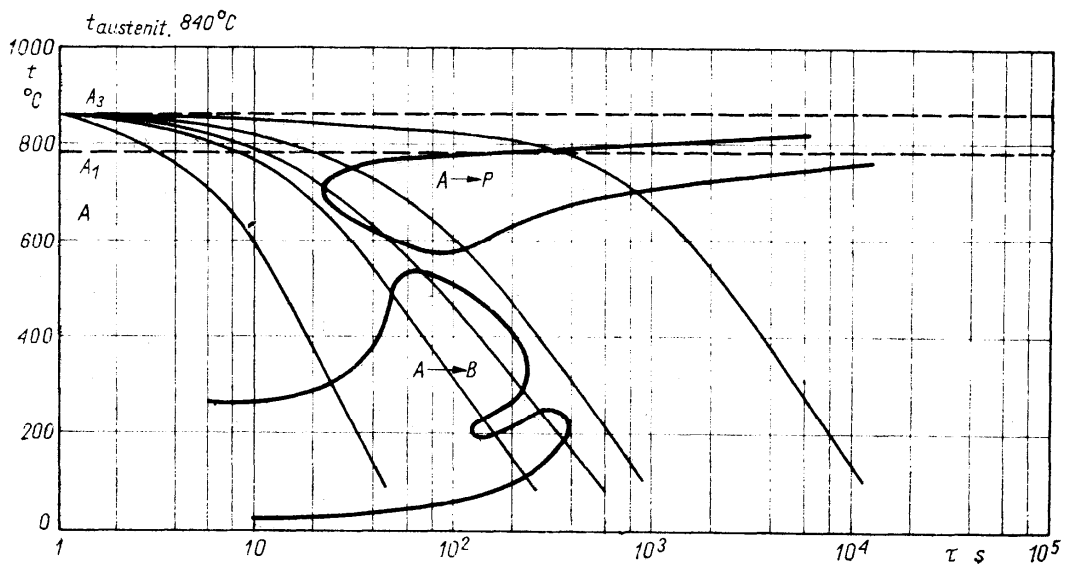
7. Średnice krytyczne, mm

% martenzytu	$H = \infty$	$H = 1,5$ (woda)	$H = 0,4$ (olej)
50	~ 110	~ 95	~ 65
90	—	~ 70	~ 45

8. Wykres CTPi [19]



9. Wykres CTPc [27]



40HM	STAL DO ULEPSZANIA CIEPLNEGO	PN-72/H-84030
Karta nr 31		

1. Skład chemiczny, % i punkty przelomowe, °C

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo		Ac ₁	Ac ₃	M _s
0,38 ÷ 0,45	0,40 ÷ 0,70	0,17 ÷ 0,37	0,80 ÷ 1,10	max 0,30	0,15 ÷ 0,25		740	790	360

2. Własności mechaniczne

Własność	Jednostki	Próbki kwalif.	Grubość wyrobu D, mm			
			D ≤ 16	16 < D ≤ 40	40 < D ≤ 100	100 < D ≤ 160
R _m	kG/mm ²	105	110 ÷ 130	100 ÷ 115	90 ÷ 105	80 → 95
R _e	kG/mm ²	90	90	80	70	60
A ₅	%	10	10	11	12	13
Z	%	45	45	45	45	50
U	kG·m/cm ²	7	7	7	5	5

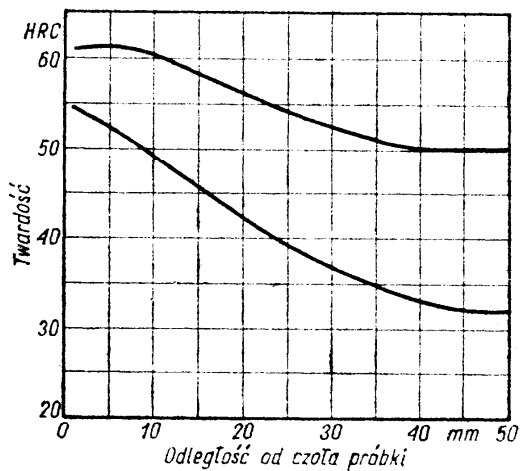
3. Zalecane warunki obróbki cieplnej

hartowanie: 840°C – olej, *odpuszczanie:* 550°C – woda lub olej, *azotowanie:* 500 ÷ 540°C – chłodzenie z piecem;
hartowanie powierzchniowe: 860 ÷ 910°C – woda lub olej;
odpuszczanie: 160°C – 2 h. Przy ulepszaniu cieplnym przed azotowaniem temperatura odpuszczania ≤ 580°C.

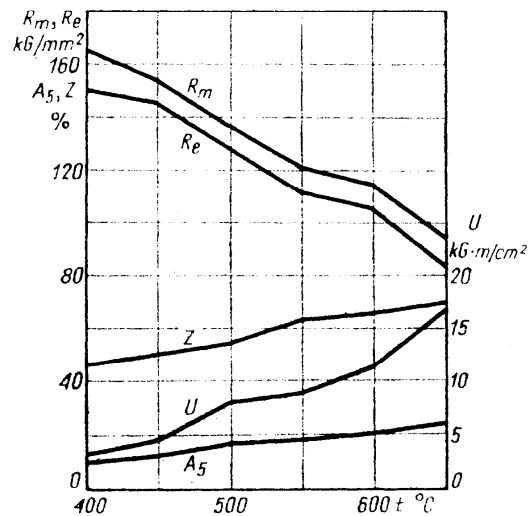
4. Wytyczne zastosowania

Stal konstrukcyjna o dość znacznej hartowności, pozwalającej na osiągnięcie najwyższych własności wytrzymałościowych na przekrojach do grubości 65 mm przy hartowaniu w oleju. Nadaje się ona do hartowania powierzchniowego i do azotowania. Minimalna twardość po hartowaniu powierzchniowym i odpuszczaniu 51 HRC, a po azotowaniu HV5 ≥ 550.

5. Pasma hartowności



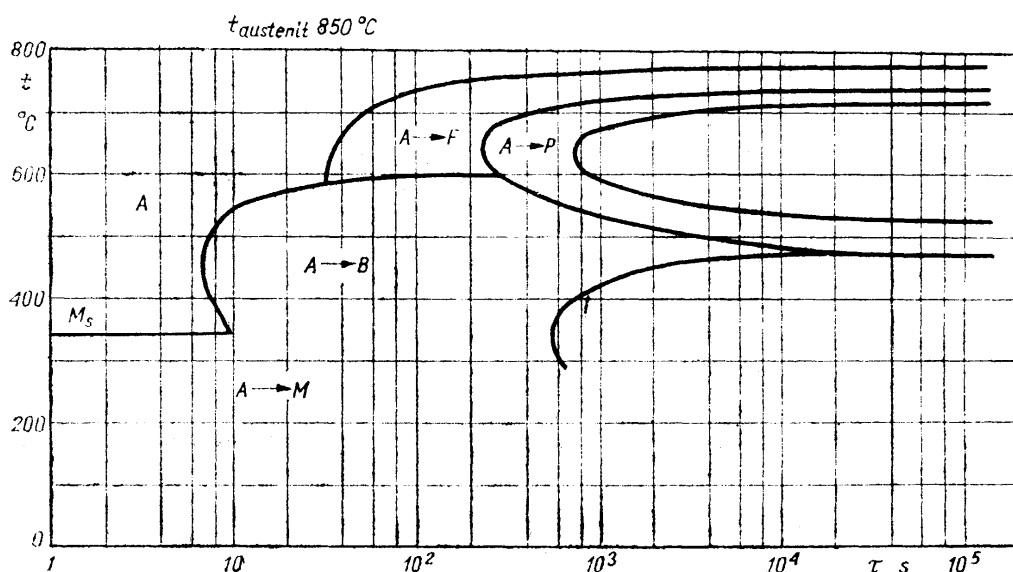
6. Zależność własności mechanicznych od temperatury odpuszczania [21]



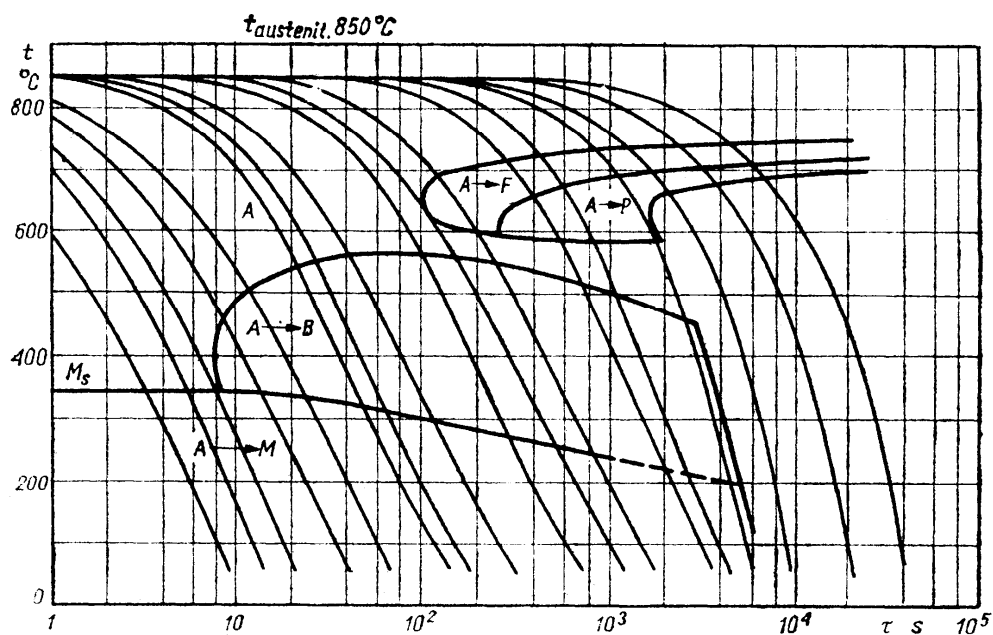
7. Średnice krytyczne, mm

% martenzytu	$H = \infty$	$H = 1,5$ (woda)	$H = 0,4$ (olej)
50	~110	~90	~65
90	—	~60	~40

8. Wykres CTPi [20]



9. Wykres CTPc [20]



36HNM	STAL DO ULEPSZANIA CIEPLNEGO	PN-72/H-84030
Karta nr 35		

1. Skład chemiczny, % i punkty przełomowe, °C

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	A_{c1}	A_{c3}	M_s
0,32 ÷ 0,40	0,50 ÷ 0,80	0,17 ÷ 0,37	0,90 ÷ 1,20	0,90 ÷ 1,20	0,15 ÷ 0,25	750	800	340

2. Własności mechaniczne

Własność	Jednostki	Próbki kwalif.	Grubość wyrobu D , mm			
			$D \leq 16$	$16 < D \leq 40$	$40 < D \leq 100$	$100 < D \leq 160$
R_m	kG/mm ²	85	110 ÷ 130	100 ÷ 115	90 ÷ 105	80 ÷ 95
R_e	kG/mm ²	70	90	80	70	60
A_5	%	15	10	11	12	14
Z	%	55	45	50	50	55
U	kG·m/cm ²	12	6	8	6	6

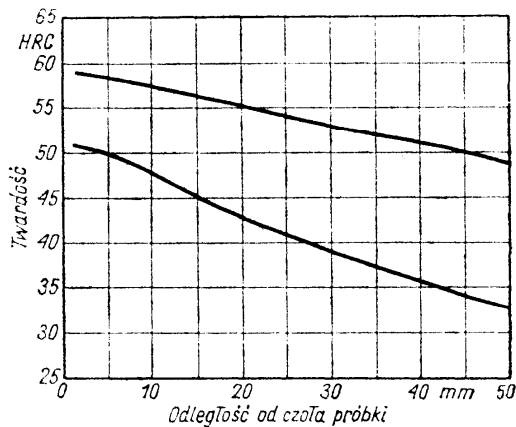
3. Zalecane warunki obróbki cieplnej

hartowanie: 850°C – olej,
odpuszczanie: 630°C – powietrze.

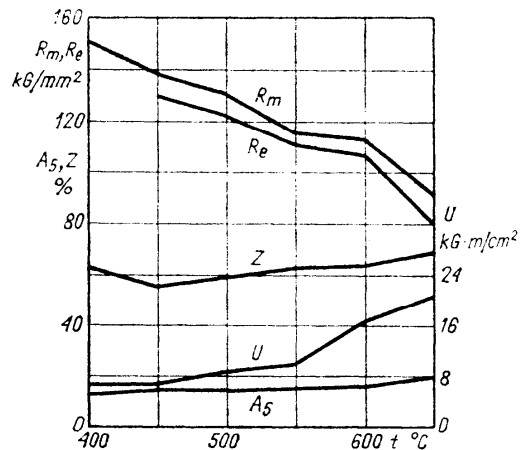
4. Wytyczne zastosowania

Stal do ulepszenia cieplnego o dużej hartowności, pozwalającej na osiągnięcie najwyższych własności mechanicznych na przekrojach do grubości 110 mm przy hartowaniu w oleju, a 140 mm przy hartowaniu w wodzie. Stosuje się ją w przemyśle samochodowym i lotniczym na silnie obciążone części maszyn.

5. Pasma hartowności



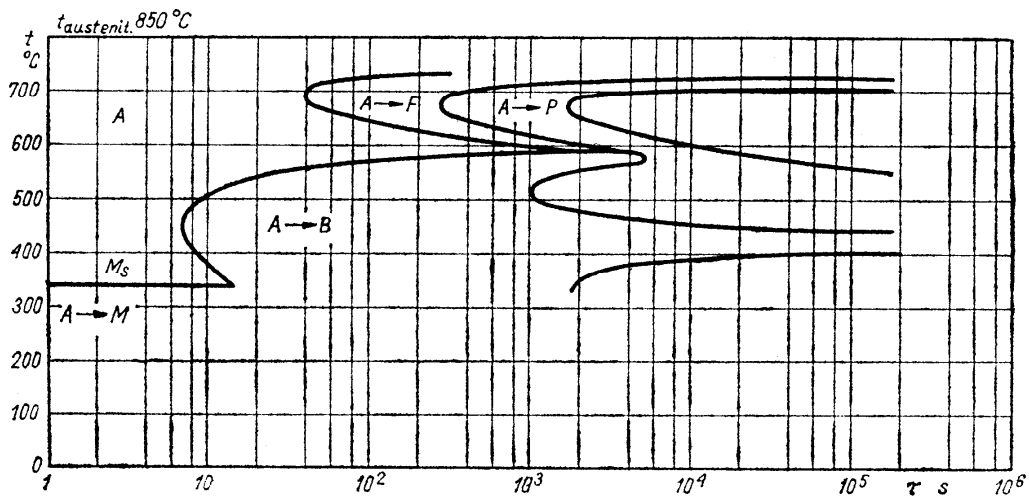
6. Zależność własności mechanicznych od temperatury odpuszczania [21]



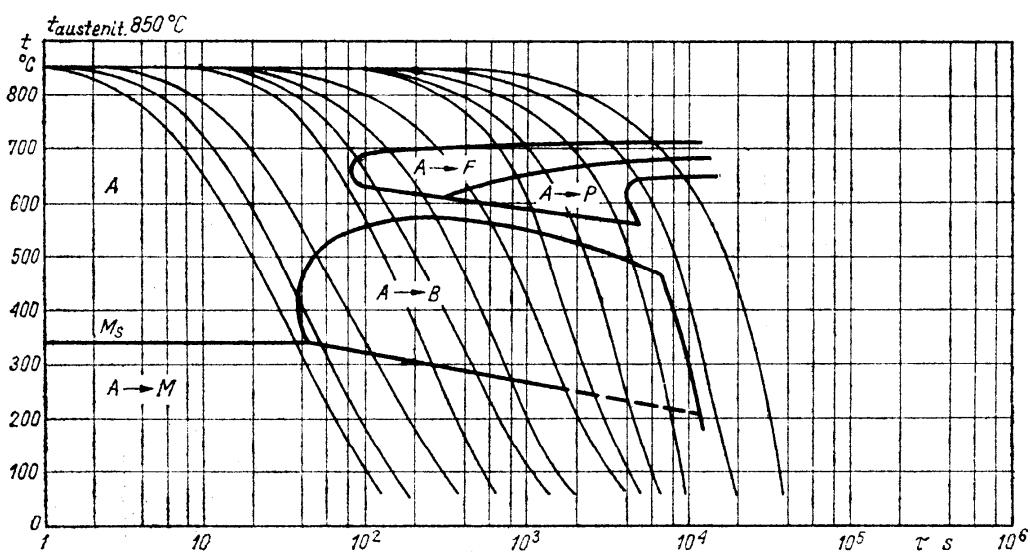
7. Średnice krytyczne, mm

% martenzytu	$H = \infty$	$H = 1,5$ (woda)	$H = 0,4$ (olej)
50	~ 160	~ 140	~ 110
90	—	~ 100	~ 75

8. Wykres CTPi [20]



9. Wykres CTPc [20]



<p>45 Karta nr 39</p>	<p>STAL DO ULEPSZANIA CIEPLNEGO</p>	<p>PN-66/H-84019</p>
---	--	----------------------

1. Skład chemiczny, % i punkty przełomowe, °C

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo		A_{c1}	A_{c3}	M_s
0,42 ÷ 0,50	0,50 ÷ 0,80	0,17 ÷ 0,37	—	—	—		725	775	345

2. Własności mechaniczne

Własność	Jednostki	Próbki kwalif.	Grubość wyrobu D , mm			
			$D \leq 16$	$16 < D \leq 40$	$40 < D \leq 100$	$100 < D \leq 160$
R_m	kG/mm ²	61	71 ÷ 86	67 ÷ 82	63 ÷ 78	—
R_e	kG/mm ²	36	49	42	38	—
A_s	%	16	14	16	17	—
Z	%	40	3	3	3	—
U	kG·m/cm ²	—	—	—	—	—

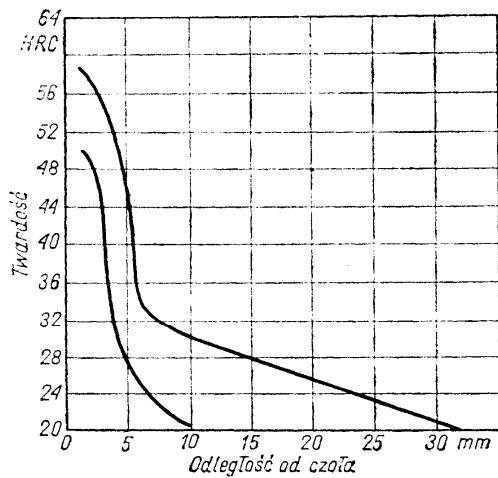
3. Zalecane warunki obróbki cieplnej

hartowanie: 820 ÷ 860°C — woda lub olej, odpuszczanie: 160 ÷ 200°C lub 550 ÷ 660°C,
 hartowanie powierzchniowe: 860 ÷ 900°C — woda, odpuszczanie: 160 ÷ 200°C — 2h.

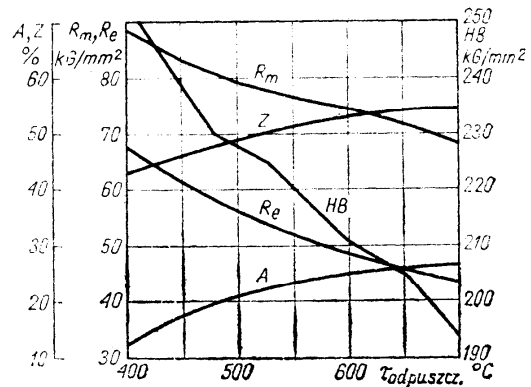
4. Wytyczne zastosowania

Stal konstrukcyjna o większej wytrzymałości i dość znacznej ciągliwości, lecz ograniczonej spawalności. Stosowana jest zarówno w stanie normalizowanym, jak i ulepszonym, a także powierzchniowo hartowanym na części maszyn średnio obciążone i odporne na ścieranie, jak wały korbowe, osie, wrzeciona, walce, wirniki pomp, koła zębate i zębatki, tarcze ściernie, tuleje, sworznie itp. Minimalna twardość po hartowaniu powierzchniowym i odpuszczaniu wynosi 53 HRC.

5. Pasma hartowności



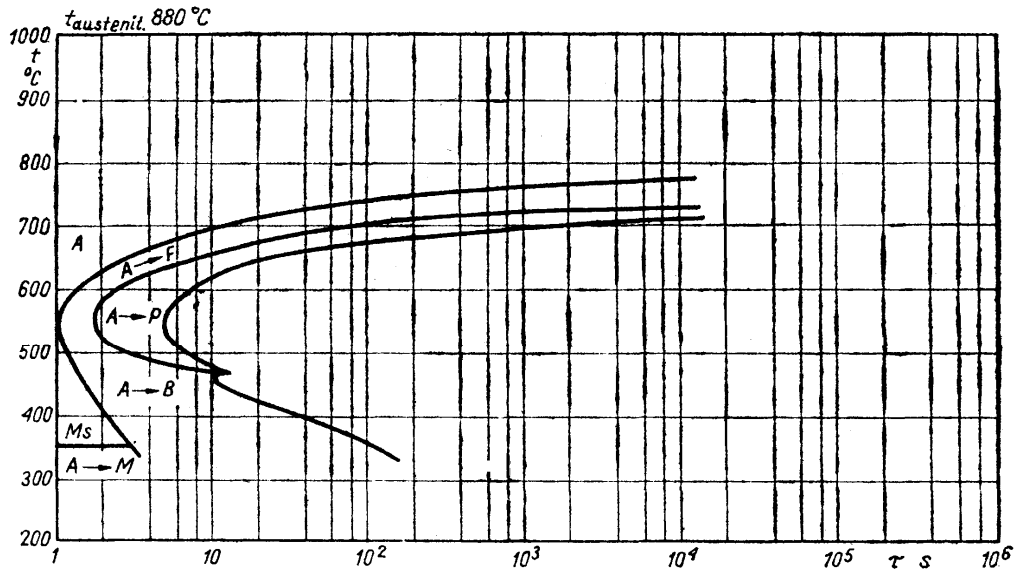
6. Zależność własności mechanicznych od temperatury odpuszczania [24]



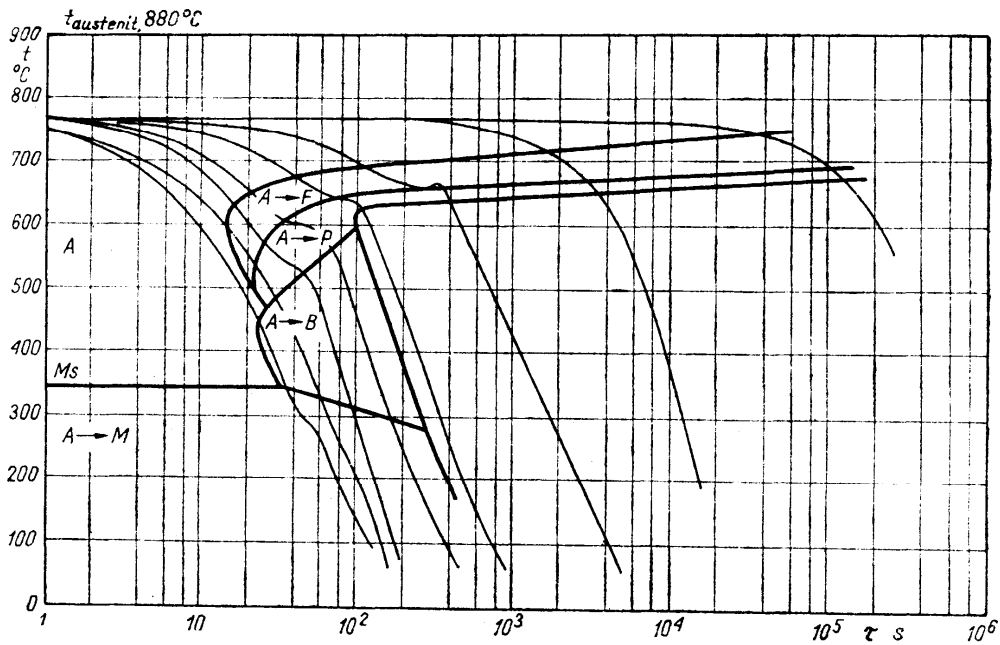
7. Średnice krytyczne, mm

% martenzytu	$H = \infty$	$H = 1,5$ (woda)	$H = 0,4$ (olej)
50	~25	~15	~5
90	—	~10	—

8. Wykres CTPi [27]



9. Wykres CTPc [27]



30G2	STAL DO ULEPSZANIA CIEPLNEGO	PN-72/H-84030
Karta nr 18		

1. Skład chemiczny, % i punkty przelomowe, °C

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo		A_{c1}	A_{c3}	M_s
0,27 ÷ 0,35	1,40 ÷ 1,80	0,17 ÷ 0,37	max 0,25	max 0,30	—		710	780	420

2. Własności mechaniczne

Własność	Jednostki	Próbki kwalif.	Grubość wyrobu D , mm			
			$D \leq 16$	$16 < D \leq 40$	$40 < D \leq 100$	$100 < D \leq 160$
R_m	kG/mm ²	66	80 ÷ 95	80 ÷ 95	70 ÷ 85	65 ÷ 80
R_e	kG/mm ²	40	60	55	45	45
A_5	%	17	14	14	15	15
Z	%	45	45	45	50	55
U	kG·m/cm ²	—	—	—	—	—

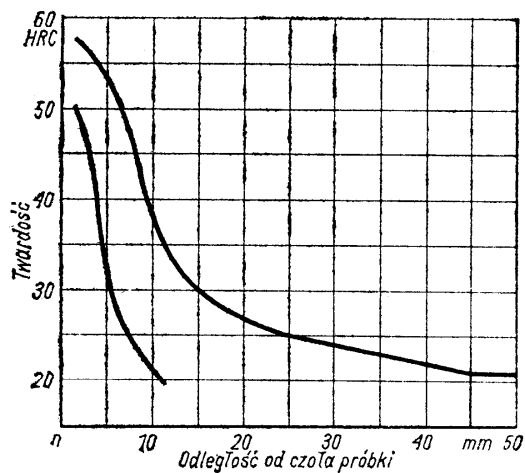
3. Zalecane warunki obróbki cieplnej

hartowanie: 850°C – woda lub olej,
odpuszczanie: 530°C – powietrze lub olej.

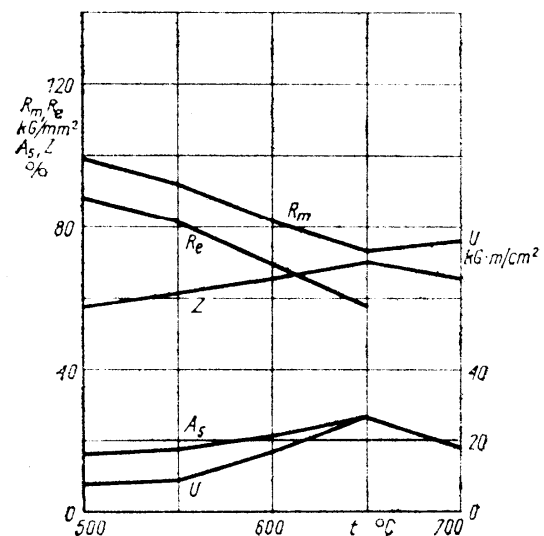
4. Wytyczne zastosowania

Stal do ulepszenia cieplnego o niewielkiej hartowności, pozwalającej na otrzymanie najlepszych własności mechanicznych na przekrojach do 30 mm przy hartowaniu w wodzie, a do 20 mm przy hartowaniu w oleju. Stosuje się ją na wały, drążki, korbowody, dźwignie, śruby i inne.

5. Pasma hartowności



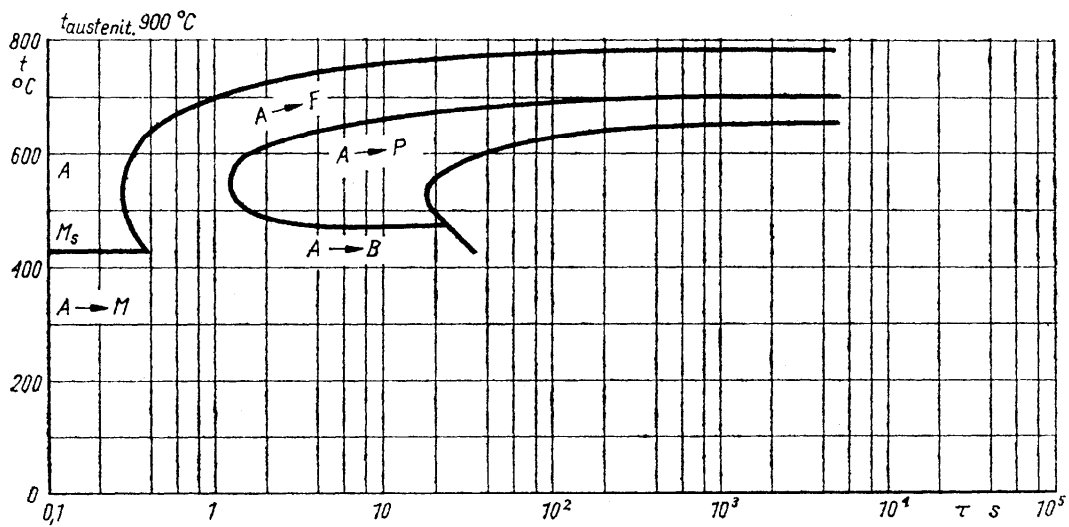
6. Zależność własności mechanicznych od temperatury odpuszczania [21]



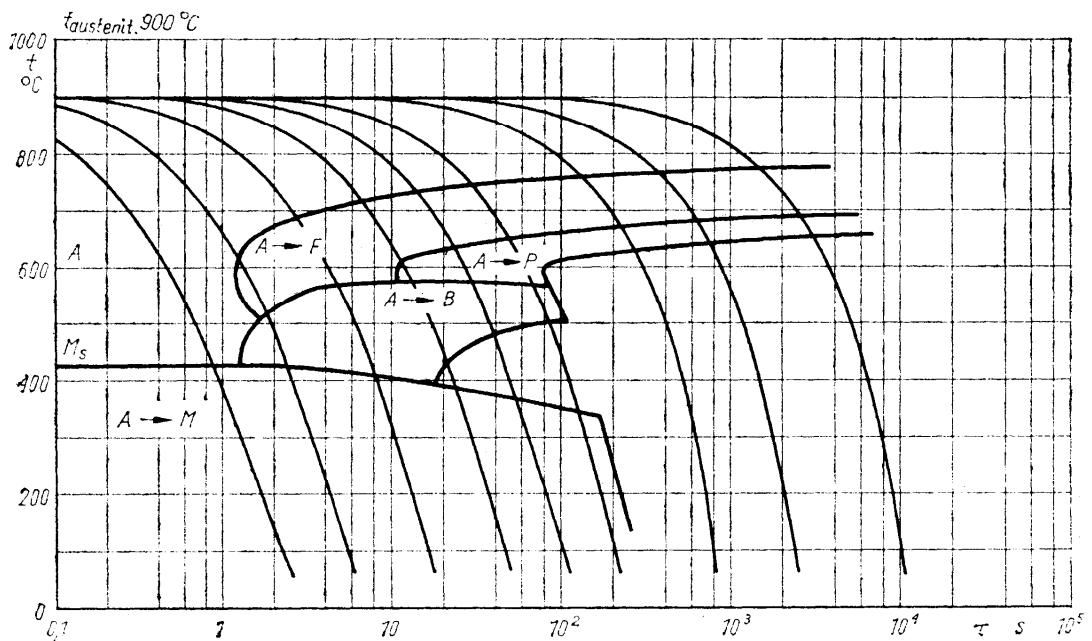
7. Średnice krytyczne, mm

% martenzytu	$H = \infty$	$H = 1,5$ (woda)	$H = 0,4$ (olej)
50	~45	~30	~20
90	—	~20	~10

8. Wykres CTPi [20]



9. Wykres CTPc [27]



Literatura

1. Praca zbior. pod red. W. Lutego: Poradnik inżyniera. Obróbka cieplna stopów żelaza. WNT, Warszawa 1977.
2. Żmihorski E.: Stale narzędziowe i obróbka cieplna narzędzi. WNT, Warszawa 1970.
3. Praca zbiorowa pod redakcją L. A. Dobrzańskiego: Leksykon materiałoznawstwa. Wyd. Verlag Dashofer, Warszawa, kwiecień 2011.
4. Adresy stron internetowych:
www.pkn.com.pl
www.dashofer.pl