

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОХЛАЖДАЩАТА СПОСОБНОСТ НА НЕТРАДИЦИОННИ
ОХЛАЖДАЩИ СРЕДИ ЗА ЗАКАЛЯВАНЕ НА СТОМАНИ**
STUDY OF COOLING CAPACITY OF NON-TRADITIONAL
COOLANTS FOR STEEL HARDENING

Димитър Ставрев, Огнян Жеков

Abstract: The paper examines the cooling capacity of various steel hardening mediums: water, transformer oil, water solutions of 0,9% NaCl -physiological solution, glucose 5%, 0,9% NaCl and glucose 5%, 3% suspension of bentonite and marine water. The influence of time and temperature of cooling on cooling rate in pearlitic and martensitic interval in steel hardening is determined.

Key words: heat treatment, hardening, steels, cooling mediums.

Изборът на охлаждащи /закаляващи/ среди е от съществено значение за успешното закаляване на различните видове стомани. Изискването към охлаждащите среди е да осигурят надкритична скорост на охлаждане, необходима за превръщането на аустенита в мартензит.

Охлаждащите среди са два вида: среди, които не променят агрегатното си състояние при охлаждане, среди, които променят агрегатното си състояние при закаляване. Към втората група спадат водопроводната вода, различни водни разтвори, минералните масла, синтетични охлаждащи среди и др. Именно към тази група е насочено вниманието в настоящето изследване. При закаляване в подобни среди са характерни три интервала на охлаждане: на образуване на т.н. парна риза, на мехурчесто кипене, на конвективен /контактен/ топлообмен. Скоростта на охлаждане трябва да бъде висока в перлитния интервал / 600-500°C/ - за да се избегне превръщането на аустенита в перлит, и да бъде ниска в мартензитния интервал / 300-200°C/, за да не се прибавят към структурните напрежения от превръщането на аустенит в мартензит и високи термични напрежения. Тези изисквания се удовлетворяват от условно въведеното понятие за идеална крива на охлаждане /1,2/. Използваните в практиката охлаждащи среди не отговарят в пълнота на тези изисквания. Традиционните охлаждащи среди като водопроводната вода и минералното масло не удовлетворяват посочените характеристики. Водата има

висока скорост в перлитния интервал, но и висока в мартензитния интервал, което често води до пукнатини и деформации на детайлите. При минералното масло – обратното: докато в мартензитния интервал е достатъчно ниска, то в перлитния е недостатъчно висока – например за някои нелегирани стомани. Това налага конкретен избор на охлаждащи среди за различните детайли и инструменти според стоманите, от които са изработени. [3, 4, 5, 6]

Целта е изследване на охлаждащата способност на течни среди за закаляване – традиционни – водопроводна вода и трансформаторно масло, сравнени с нетрадиционни охлаждащи среди, които са лесно достъпни в търговската мрежа като: водни разтвори на 0,9% NaCl - физиологичен разтвор, глюкоза 5%, среда с 0,9% NaCl и глюкоза 5%, среда от 3% суспензия на бентонит е лесна за направа, а използването на черноморска вода вместо водопроводна е оправдано в крайбрежни райони като Варна. Желанието ни бе и да се дадат препоръки за възможна замяна на водата и маслото /което е пожароопасно и отделя при охлаждане вредни изпарения/ с някоя от посочените. Замяната на водата с разтвори на NaCl и глюкоза цели разширяване на интервала на мехурчесто кипене и увеличаване на скоростта на охлаждане в перлитния интервал, и намаляване на скоростта в мартензитния интервал. Използването на 3% суспензия на бентонит е с цел замяна на маслото, на морската вода - да се увеличи скоростта на

охлаждане в перлитния интервал при запазване на скоростта в мартензитния интервал.

Както и в предишни наши изследвания /4/, експериментът протича при следната последователност: нагрятата до 830°C сребърна сфера с диаметър 20 mm със запоена термодвойка от хромел-алумел, се потапя в охлаждащата среда и с помощта на персонален компютър, използвайки програмата LabView се записва кривата на охлаждане ($T=f(t_{охл.})$). Получената функция се диференцира с помощта на програма Mathcad и получаваме функцията $V_{охл.} = f(T_{охл.})$.

Резултатите от изследванията са представени таблично в табл.1 и 2, и на фигури от 1 до 6.

В табл.1 са представени обобщените резултати за максималната скорост на охлаждане V_{max} , °C/s за всеки един от седемте варианта на охлаждане. Посочени са скоростите на охлаждане V , °C/s за перлитния интервал (600-500°C) и за мартензитния интервал (300-200°C). Сравняването е правено със скоростите на охлаждане - V °C/s на водата в началото на перлитния интервал - 235°C/s и в края на мартензитния интервал - 411°C/s.

В табл.2 са посочени данните на началото на втория стадий на охлаждане (мехурчесто кипене) – температура T^{II} , °C и t^{II} , s както и температурата на началото на третия стадий (конвективен топлообмен) – T^{III} , °C и времето при което настъпва - t^{III} , s при същите условия, както е указано за табл.1.

Табл.1. Максимална скорост на охлаждане и скорост на охлаждане в перлитния и мартензитния интервал.

№	Охлаждащи среди	Макс. Скорост, V_{max} , °C/s при T , °C		Скорост на охлаждане, $V_{охл.}$, °C/s			
				Перлитен интервал		Мартензитен интервал	
		Температура	Скорост	600°C	500°C	300°C	200°C
Охлаждащи среди с температура 20°C							
1	глюкоза 5%	567	300	290	282	220	272
2	физиологичен разтвор NaCl 0.9%	228	468	283	284	419	373
3	NaCl 0.9%+глюкоза 5%	260	443	288	282	350	353
4	бентонит 3%	231	274	202	219	177	229
5	масло	405	198	46	54	25	3
6	вода	248	571	235	262	398	411
7	морска вода	291	615	283	277	597	399

Максимална е скоростта V_{max} при морската вода - 615°C/s, а минимална V_{max} - има масло - 198°C/s, като почти равни са V_{max} при бентонит 3% - 274°C/s и глюкоза 5% - 300°C/s.

При 200°C (в мартензитния интервал) - минималната $V_{охл.}$ има маслото - 3°C/s, а максимална скорост има водата - 411°C/s, като почти толкова е и при морската вода - 399°C/s.

От табл.2 се вижда, че втория интервал (на мехурчесто кипене) започва при най-висока температурата T^{II} при глюкоза 5% - 710°C при $t^{II} = 0.9$ s, а най-ниска температура T^{II} е при масло (при $t^{II} = 8$ s) – 460°C/s.

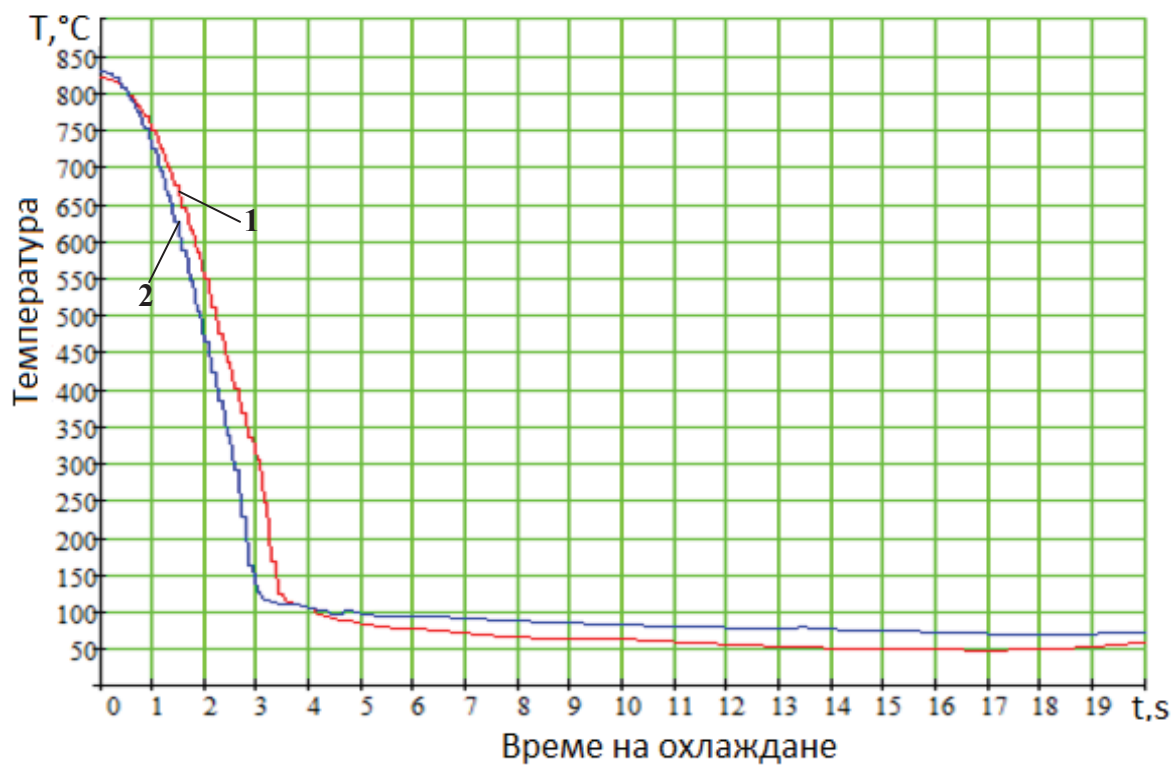
325°C/s е най-високата температура за началото на третия стадий (конвективен топлообмен) T^{III} при масло (при $t^{III} = 9.4$ s), а най-ниска е температурата T^{III} при водата (при $t^{III} = 3.4$ s) – 125°C.

На фиг.1 и фиг.2 са показани температурните криви и скорости при охлаждане във физиологичен разтвор, сравнени с аналогични криви на водопроводна вода. По-подходяща среда е физиологичния разтвор, защото има по-висока скорост в перлитния интервал - 283°C/s и по-ниска в мартензитния - 373°C/s.

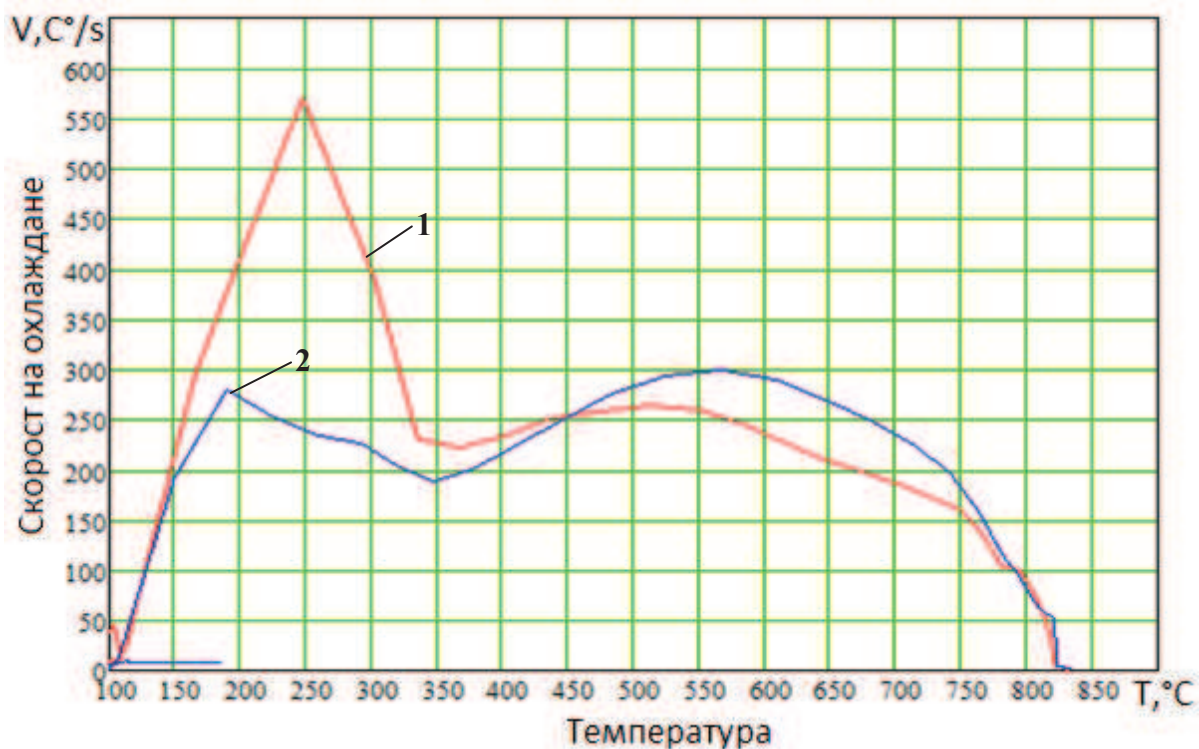
На фиг.3 е направено сравнение на охлаждащата способност на вода с тази при глюкоза 5%. Глюкозата е за предпочитане като среда за охлаждане по същите съображения-по-висока скорост в перлитния интервал - 290°C/s и по-ниска в мартензитния - 272°C/s.

Табл.2. Температури и време на началото на втори и трети стадий на охлаждане

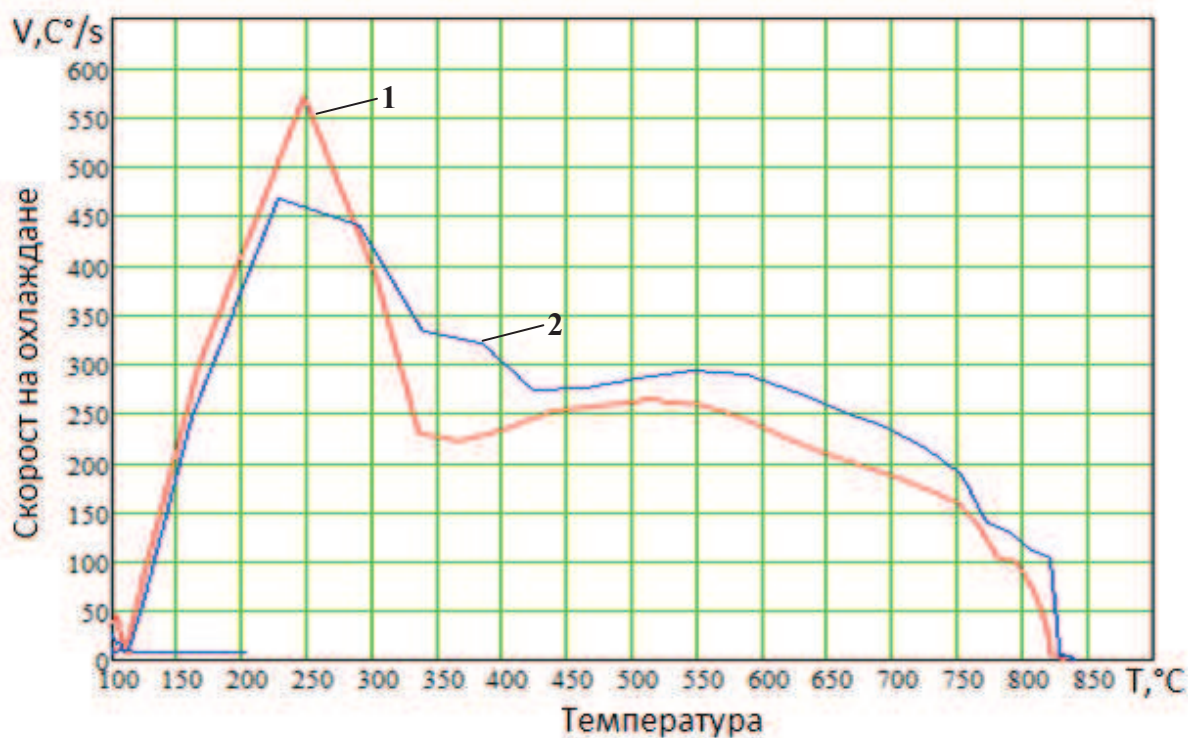
№	Охлаждащи среди	Температура, $T^{II}, ^\circ\text{C}$, t^{II}, s на началото на втори стадий		Температура, $T^{III}, ^\circ\text{C}$, t^{III}, s на началото на трети стадий	
		$T^{II}, ^\circ\text{C}$	t^{II}, s	$T^{III}, ^\circ\text{C}$	t^{III}, s
Охлаждащи среди с температура 20°C					
1	глюкоза 5%	710	0,9	150	3,7
2	физиологичен разтвор NaCl 0.9%	590	2,1	150	3,2
3	NaCl 0.9%+глюкоза 5%	700	1,2	150	3,4
4	бентонит 3%	650	1,9	200	4,4
5	масло	460	8	325	9,4
6	вода	650	1	125	3,4
7	морска вода	700	0,2	285	2,2



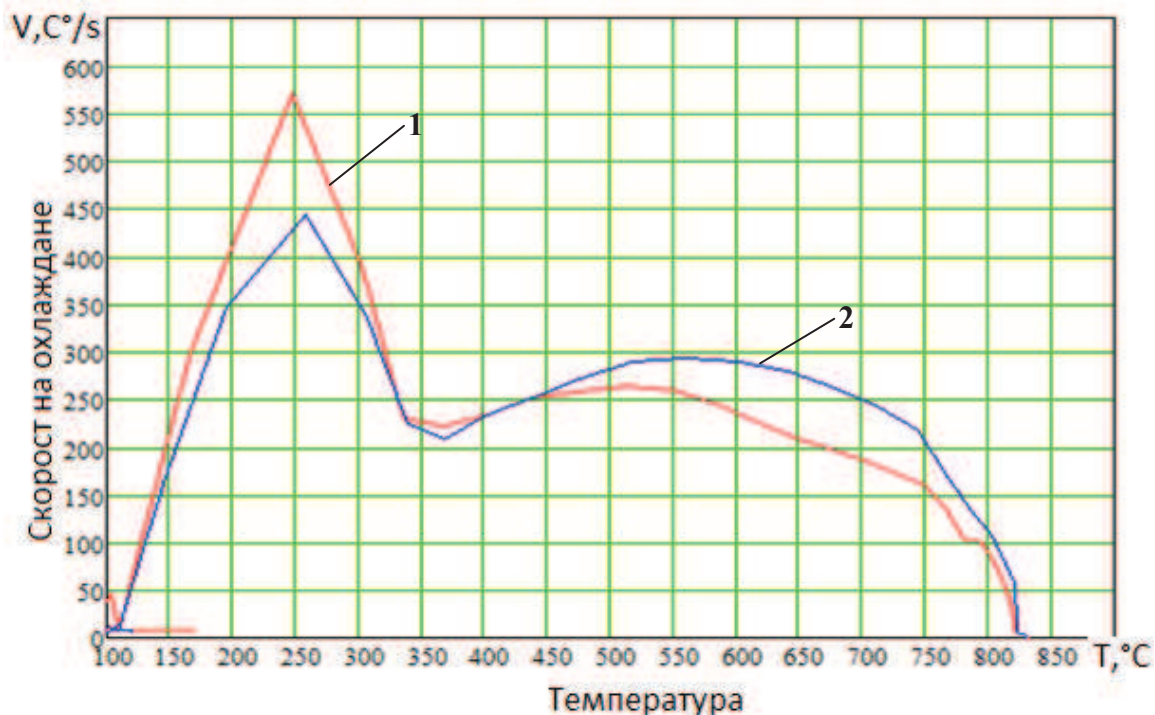
Фиг.1. Изменение на температурата по време на охлаждане:
 1 – вода; 2 – физиологичен разтвор 0,9% NaCl.



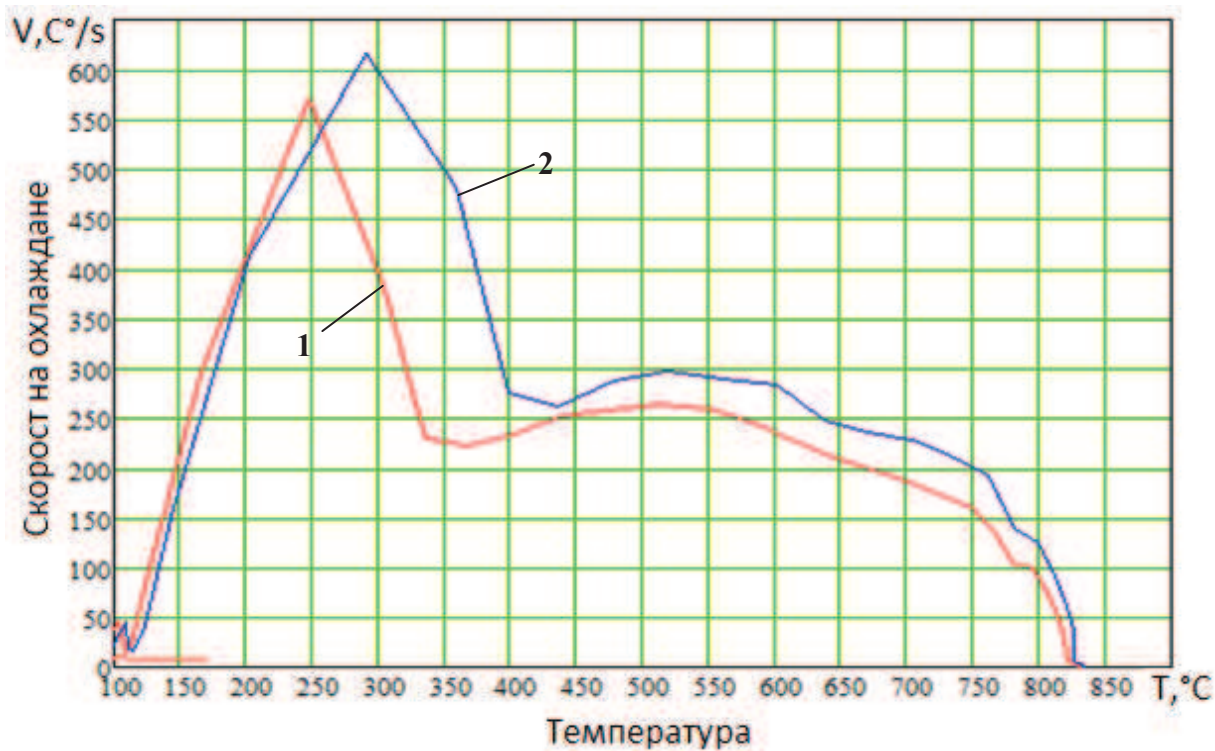
Фиг.3. Изменение на скоростта на охлаждане в зависимост от температурата: 1 – вода; 2 – 0,5% глюкоза.



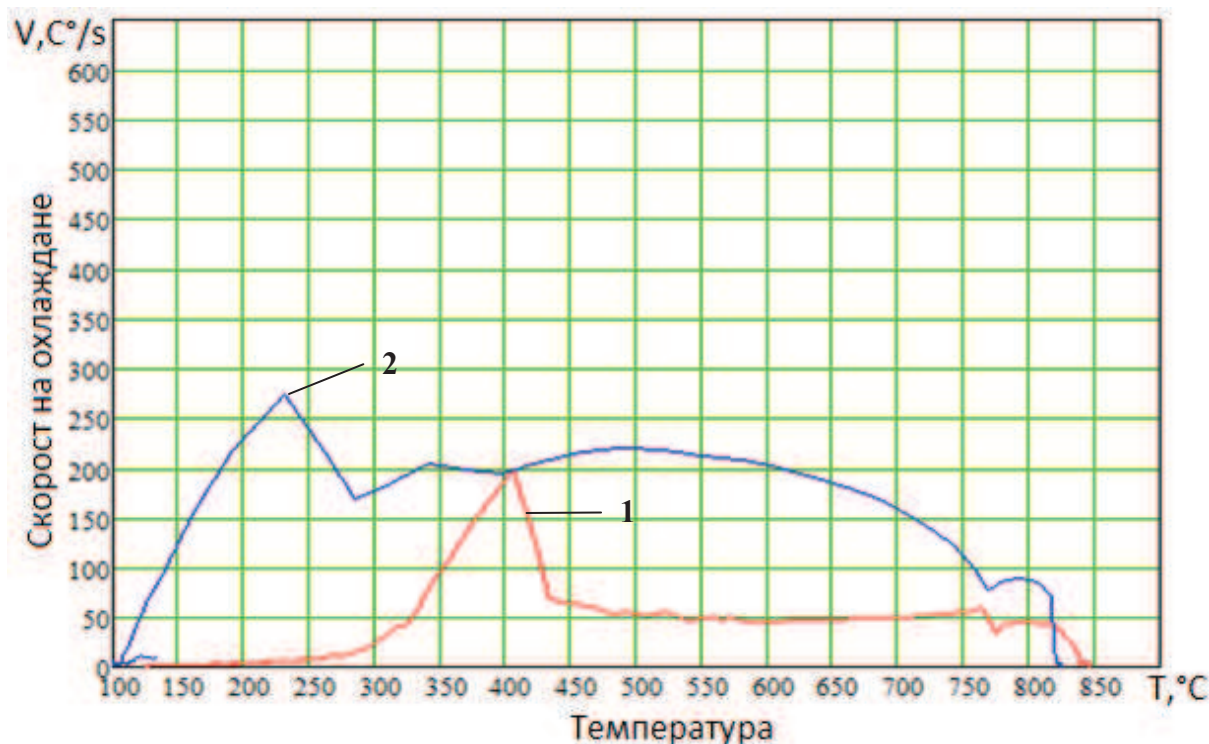
Фиг.2. Изменение на скоростта на охлаждане в зависимост от температурата: 1 – вода; 2 – физиологичен разтвор 0,9% NaCl.



Фиг.4. Изменение на скоростта на охлаждане в зависимост от температурата: 1 – вода; 2 – 0,5% глюкоза и физиологичен разтвор 0,9% NaCl.



Фиг.5 Изменение на скоростта на охлаждане в зависимост от температурата: 1 – вода; 2 – морска вода.



Фиг.6 Изменение на скоростта на охлаждане в зависимост от температурата:
1 – масло; 2 – бентонит.

Сравнението между вода и среда с 0,9% NaCl и глюкоза 5% също е в полза на втората охлаждаща среда поради същите причини, посочени по-горе /фиг.4/.

Интересно е сравнението между вода и морска вода, показано на фиг.5 – благоприятно е, че при морската вода скоростта на охлаждане в мартензитния интервал е по-висока /283°C/s/ спрямо тази на водата, а в перлитния скоростите са изравнени. Би могло, да се препоръча използването на морската вода при закаляване на средно- и нисковъглеродни стомани.

На фиг.6 са сравнени трансформаторно масло и 3% бентонит. Благоприятна е високата скорост при бентонита в перлитния интервал - 202°C/s и сравнително ниската в мартензитния - 229°C/s.

Вижда се, че замяната при закаляване на водата с водни разтвори с 0,9% NaCl - физиологичен разтвор, с глюкоза 5%, и среда с 0,9% NaCl и глюкоза 5% води до разширяване на интервала на мехурчесто кипене и увеличаване на скоростта на охлаждане в перлитния интервал, и намаляване на скоростта в мартензитния

интервал.

Установено е и, че охлаждащата среда с глюкоза 5% има характеристики близки до тези на 3% бентонит – при глюкоза 5% V_{max} е 300°C, а при 3% бентонит – 274°C (при маслото е 198°C) и при това максимумът на първата среда е изместен в перлитния интервал - при 567°C, а за 3% бентонит е в мартензитния интервал, което е неблагоприятно, а при маслото е извън тези интервали - при 405°C. И доколкото среда с 3% бентонит се предлага за заместване на маслото при закаляване, то бихме препоръчали и глюкоза 5% да замени 3% бентонит и респективно маслото при закаляване на определени стомани, като трябва да се направят допълнителни изследвания в това направление.

Изводи

1. Сравнена е охлаждащата способност на нетрадиционни охлаждащи среди – физиологичен разтвор с 0,9 % NaCl, глюкоза 5%, смес съдържаща 0,9% NaCl и 5% глюкоза, морска вода с тази на водопроводна вода, трансформаторно масло и среда с 3% бентонит във вода. Определено е влиянието на времето и температурата на охлаждане върху скоростта им на охлаждане в перлитния и мартензитния интервал при закаляване на стомани.

2. От изследваните водни разтвори за закаляване могат да се препоръчват: глюкоза 5% вместо 3% бентонит или вместо масло, физиологичен разтвор вместо водопроводна вода. При средно- и нисковъглеродни стомани за закаляване може, да се използва морска вода вместо водопроводна вода.

Литература

[1] Бучков, Д. Термична обработка на металите. С. ДИ Техника 1980.

[2] Данев, П. Темична обработка на стоманите. Русе. 2001.

[3] Данев, П. Охлаждаща способност на среди за закаляване на стомани на базата на олигомера на полиетиленовия окис. Юбилейна научна сесия „150 години от раждането на Васил Левски”. Научни трудове на ВНВУ „Васил Левски” книжка №7, Велико Търново 1987. с. 277-283.

[4] Ставрев, Д., О. Жеков. Влиянието на въздействието с ултразвук върху охлаждащата способност на среди за заляване. Научна конференция „Науката в служба на обществото”. Съюз на учените – Варна. 2013 г.

[5] Tensi, H.M. and M. Schwalm. Abkühlverläufe im silberzylinder and in Stahlringen beim Abschrecken in verschiedenen Medien sowie Beobachtungen zum verzug der Ringe, ZwF.76 (1981), 4, s 194-199.

[6] Tensi, H.M. and M. Schwalm, Wirkung von Abschreckflüssigkeiten unter Berücksichtigung spezieller wabriger Kunststofflösungen (polyathylenoxide), HTM35 (1980) 3, s 122-129.

За контакти:

9010, Варна, ул. „Студентска” 1

проф. д.т.н. Димитър Ставрев

e-mail: d_stavrev@abv.bg

ас.инж. Огнян Жеков

e-mail: ITL21c@abv.bg