



ISSN 1312-8612

**Машиностроение
и
Машинознание**

21

ISSN 1312-8612

**НАЦИОНАЛНО НАУЧНО ТЕХНИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО
(НАЦИОНАЛЕН КОМИТЕТ) ПО ТММ**

МАШИНОСТРОЕНЕ И МАШИНОЗНАНИЕ

ГОДИНА IX, КНИГА 2, 2014

ИЗДАТЕЛСТВО НА ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - ВАРНА

СЪДЪРЖАНИЕ

С. Савов	
Двуредов инструмент за повърхностно пластично деформитане на цилиндрични отвори чрез конусни ролки с обратна конусност.....	3
И. Станев	
Типови технологични схеми за обработване на голямогабаритни детайли с мобилни металообработващи машини.....	7
Д. Дечев, Н. Иванов, П. Петров	
Оптични характеристики на тънкослойни покрития от титанов нитрид и алуминиев нитрид.....	11
Д. Николов, М. Николова, П. Данев, И. Дерменджиев	
Нов поглед върху термичното обработване на инструментални стомани преди и след азотиране и оксикарбонитриране.....	15
М. Николова	
Влияние на налягането върху структурата на формираните зони при вакуумно оксикарбонитриране.....	19
Е. Янков, М. Николова, В. Захариева, Д. Господинов	
Механични, структурни и фазови изменения при едномерен опън на листови материали.....	24
Л. Цеков, М. Топалова, П. Мъцински	
Таблично моделиране на технологични процеси в машиностроенето.....	30
И. Попов, С. Събев	
Алгоритъм за изследване на процеса демпфиране при визкозно-еластичните материали от типа на полимербетонните композити.....	34
С. Гечевски	
Избор на енергоспестяващ инструмент за чисто струговане.....	38
Т. Стамов	
Разграничаване на продукт-емоции при изследване на емоционалното въздействие в дизайна на съвременните транспортни средства.....	44
И. Петрова	
Профилиране на върховете участъци на палцови зъбонарезни фрези с наклонени зъби.....	48
Я. Василева	
Двуизмерно компютърно проектиране при дизайн на текстил и облекло.....	52
А. Хараламбус	
Съвременен висше образование по текстил.....	55
Н. Петров, М. Павлова	
Оценка на стабилността и качеството на конфекционен производствен процес.....	59
В. Масалова, М. Сивова	
Адаптация системы градации методом масштабирования конструкций одежды к болгарскому стандарту БДС 8371-89.....	63

НОВ ПОГЛЕД ВЪРХУ ТЕРМИЧНОТО ОБРАБОТВАНЕ НА ИНСТРУМЕНТАЛНИ СТОМАНИ ПРЕДИ И СЛЕД АЗОТИРАНЕ И ОКСИКАРБОНИТРИРАНЕ

Данаил НИКОЛОВ¹,
dnikolov@uni-ruse.bg

Мария НИКОЛОВА¹,
mpnikolova@uni-ruse.bg

Пламен ДАНЕВ¹,
plasida@uni-ruse.bg

Иван ДЕРМЕНДЖИЕВ¹,
ivadim@uni-ruse.bg

Катедра Материалознание и технология на материалите
РУ „Ангел Кънчев“ 7017, Русе

Резюме: Предложен е оптимален вариант за термично обработване на стомани за горещо и студено пластично деформиране, с повишена топлоустойчивост, който съчетан с уякчаващите операции на азотиране и оксикарбонитриране, осигурява висока твърдост, износоустойчивост и ударна жилавост.

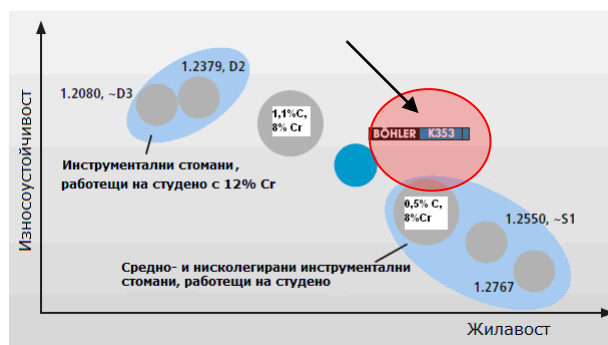
Ключови думи: инструментални стомани, термично обработване, азотиране, оксикарбонитриране.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Оптималното съчетаване на твърдост, износоустойчивост и ударна жилавост при инструментални стомани за шамповане и щанцоване трудно се постига. Обикновено твърдостта кореспондира с износоустойчивостта и е обратнопропорционална на ударната жилавост. За голяма група стомани е възможно чрез съчетаване на подходящо термично (ТО) и химико-термично обработване (ХТО) да се постигнат оптимални резултати при работа. Докладът разглежда въпроси свързани с предварително, междинно и окончателно ТО на изделия от инструментални стомани с повишена топлоустойчивост, чрез които се оптимизират свойствата и техния ресурс. Решаващо значение за оптимален вариант има предложената маршрутна технология за уякчаващите термични и химико-термични операции. Многогодишният ни опит в областта на ТО и ХТО, анализирайки резултатите от работата на редица инструменти за горещо и студено деформиране, рязане и отливане на пластмаси, дава основание за следния ред на технологичните операции в маршрутната линия: 1) отгряване за понижаване на остатъчните напрежения в заготовката; 2) закаляване на инструмента; 3) отвърщане, съобразно оптимална жилавост и стабилност на формата и размерите; 4) окончателно механично обработване; 5) азотиране или оксикарбонитриране (ОКН); 6) обезводородяване и контрол.

Известно е, че при инструменталните стомани термичното обработване по класически технологии само за ТО не гарантират оптимално съчетание на основните потребителски свойства за износоустойчивост и ударна жилавост. Затова

техният ресурс обикновено не отговаря на предварителния среден брой шамповани или щанцовани изделия. Установено е [1], че за стомани за щанцоване, рязане и дълбоко изтегляне и др. износоустойчивостта и ударната жилавост попадат в няколко условно обособени зони (фиг. 1.).



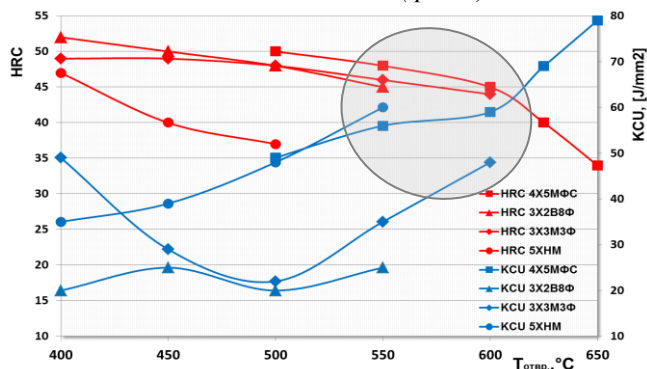
Фиг. 1. Зони на характеристиките износоустойчивост и ударна жилавост за четири групи инструментални стомани за студено пластично деформиране.

Фигурата недвусмислено показва противоречието на характеристиките, които чрез подходящо ХТО е възможно да се преместят в очертаната горе вдясно нова зона. Цел на настоящия доклад е да се разгледа една възможност за коригиране и подобряване на горните характеристиките на тези и други инструментални стомани чрез иновативно ТО и ХТО.

1. Стомани с повишена топлоустойчивост и ударна жилавост за горещо пластично деформиране.

Разнообразието от марки е голямо, затова са избрани само тези, които са познати и разпространени в металообработващата

индустрия на страната. В зависимост от химическия си състав те са две групи: средно и високо легирани. От първата група най-използваната марка е 5XHM (1.2738), а от втората 3X2B8Ф (1.2581), 3X3M3Ф (1.2581) и 4X5MФС (1.2344). Тези марки, в състояние на доставка са със структура фин, зърнест перлит и твърдост около НВ 250. След разкроя на заготовките, независимо от използвания метод, в метала остават напрежения, поради което е задължително провеждането на отгряване на остатъчните напрежения. След конвенционално закаляване от оптимална температура, в зависимост от температурата на отгряване оптималното съчетание на твърдост (респективно очаквана износостойчивост) и жилавост е в зоната 560..620°C (фиг.2).



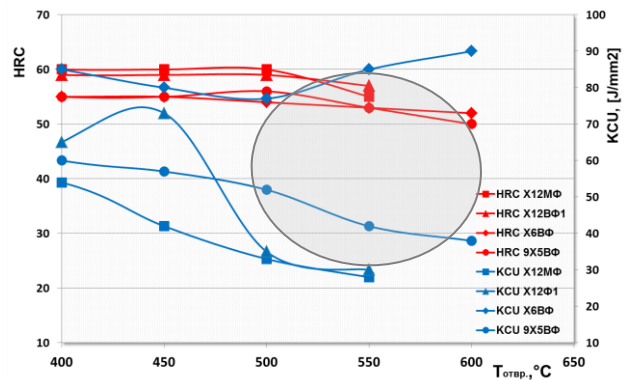
Фиг. 2. Изменение на HRC и KCU за 5XHM, 3X2B8Ф, 3X3M3Ф и 4X5MФС различни температури на отгряване [Позняк и др., 1977].

Това предполага, че уякчаващи химико-термични операции азотиране и оксикарбонитриране следва да се провеждат при температури при около 570°C, като с цел максимална жилавост на уякчената зона препоръчително е извършване на вакуумно оксикарбонитриране. Продължителността на операцията следва да се регламентира от желаната дълбочина на уякчаване. Ако се предпочете йонно азотиране, то режимът следва да формира предимно γ' фаза на повърхността на зоната.

2. Стомани с повишена топлоустойчивост и ударна жилавост за студено пластично деформиране.

В тази група разнообразието от марки стомани е още по-голямо (фиг.1.), но особен интерес за иновативната маршрутна технология са стоманите X12MФ, 1.2363, K353 на Böhler [Böhler, 2007] и др., които благодарение на закаляване от температури 1030-1060°C,

охлаждане на въздух или в масло и отгряване с вторично твърдеене в интервала 520-550°C запазват твърдост HRC ~ 60 и висока ударна жилавост (фиг.3.).



Фиг. 3. Изменение на HRC и KCU за X12MФ, X12BФ1, X6BФ, и 9X5BФ при различни температури на отгряване [Сорокин и др. 1989]

Анализирайки кривите, е очевидно, че за групата стомани подходящ температурен интервал на уякчаване чрез азотиране и ОКН е 520-540 °С. Ясно е, че при тези условия химико-термичната операция ще е с по-голяма продължителност, а механичните характеристики на повърхността – по-високи отколкото при стомани за горещо обработване. Характерът на натоварване на повечето инструменти от стомани в групата, предполага по-висока плавност и скорост на привеждане на усилията, поради което е удачно уякчаването да е с азотиране или вакуумно ОКН.

3. Последователност на термичните операции в маршрутната технология

Последователността на операциите в иновативния процес с коректно отразяване на начина на осъществяване на важни преходи в тях, са посочени на фиг. 4. От фигурата се установява, че са възможни 3 начина на охлаждане при операцията закаляване в зависимост от състава, масата на инструментите и възможностите на термичните съоръжения. Иновативното в процеса е и операцията обезводоряване, която както при йонното азотиране, така и при вакуумното ОКН е наложителна. Тази операция се явява и възможност отгряване за снемане на остатъчните напрежения, ако върху работните зони на инструментите е извършено, например, механично полиране.



Фиг. 4. Последователност на термичните операции в предложения технологичен режим.

2. МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Пробните тела от стомани 5XHM (90CrSi5, DIN 1.2738) и 3X2B8Ф (X30WCrV9-3, DIN 1.2581) с химичният състав, посочен в табл. 1,

са подложени на ОКН при реално провеждани промишлени режими. Те са с цилиндрична, форма и приблизителни размери $\varnothing 20 \times 10$ mm.

Табл. 1. Химичен състав на използваните подложки (тегловни %).

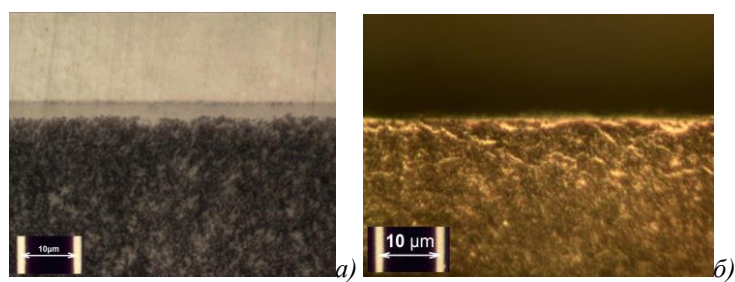
Стомана 5XHM	C, %	Mo, %	Mn, %	Ni, %	Cr, %	S, %	P, %	Fe, %
	0,5-0,6	0,15-0,30	0,5-0,80	1,4-1,8	0,5-0,8	< 0,03	< 0,03	Ост.
Стомана 3X2B8Ф	C, %	Mo, %	Mn, %	V, %	Cr, %	W, %	P, S, %	Fe, %
	0,3-0,4	<0,50	0,15-0,4	0,2-0,5	2,2-2,7	7,5-8,5	< 0,03	Ост.

Закаляването на пробата от стомана 5XHM е извършено в пещ ПЕК 9 при температура $840 \pm 10^\circ\text{C}$ и високо температурно отвяждане при температура $600 \pm 10^\circ\text{C}$. Закаляването на пробата от стомана 3X2B8Ф е извършено в електросъпротивителна пещ със силитови нагреватели модел KS 600/25 при температура $1140 \pm 10^\circ\text{C}$ и високо температурно отвяждане при температура $620 \pm 10^\circ\text{C}$. Вакуумното ОКН е извършено в промишлена уредба по режими за формиране на износостойчив слой, съвместно с детайли за уякчаване, като за пробата от 5XHM продължителността на процеса е 7 часа, а за пробата от 3X2B8Ф – 4 часа [Danev, 2004]. Използвани са класически и съвременни методи и средства за изследване на състава, структурата и свойствата на наситените зони, а именно: микроструктурата на наситения слой (с микроскопи EPU TIP); определен е рентгеноструктурно фазовия състав (с рентгенов дифрактометър URD-6 с Fe-K_α лъчение); измерена е твърдост на зоните по различни

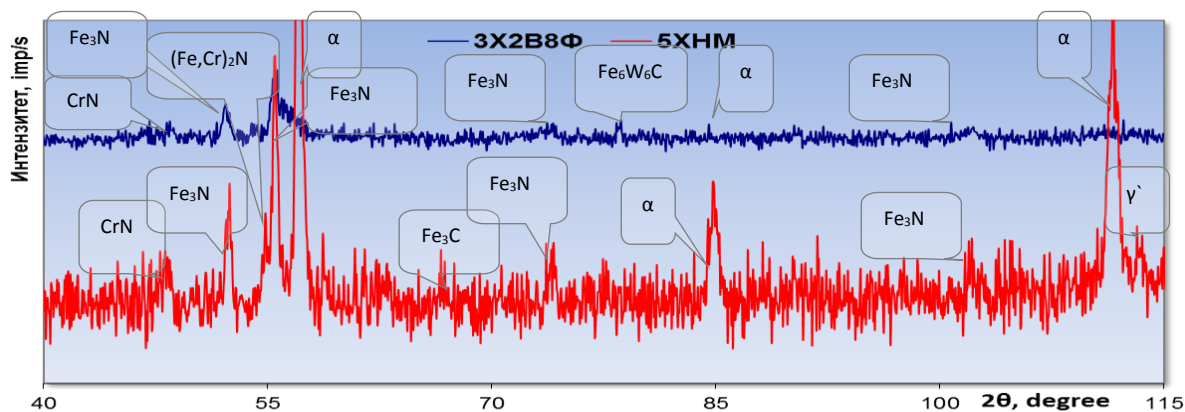
класически методи (микротвърдосмер ПМТ-3 и Викерсов твърдосмер Wolpert Wilson Hardness Tester 432 SVD).

3. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

След проявяване с 4% разтвор на HNO₃ ясно се откроява бялата свързана и подлежащата дифузионна зони при двата образеца. Дебелината на свързаната зона при стомана марка 5XHM е плътна, хомогенна и е с дебелина около 3 μm [Николова, 2013]. При стомана 3X2B8Ф присъства свързана зона, но нейната дебелина е под 1 μm. Това вероятно се дължи на високото количество легиращи елементи и съответно затруднената дифузия на азот и въглерод, както и по-краткото време на насищане. При 3X2B8Ф се наблюдава неравномерен характер на дифузионния фронт, тъй като в подложката се съдържат силни карбидо- и нитридообразуватели, в присъствието на които насищащите елементи участват в образуването на специални нитриди и карбонитриди.



Фиг. 5. Микроструктурни особености на: а) стомана 5XHM, след ОКН (7 часа); б) стомана 3X2B8Ф, ОКН (4 часа), след проявяване с нитал;



Фиг. 6. Рентгенографски профил от повърхността на стомана 5XHM и 3X2B8Ф

Според рентгенографския анализ (фиг. б.) на пробата от стомана 5XHM, в наситената зона присъстват $(\text{Fe,Cr})_2\text{N}$ и Cr_2N хексагонални фази и карбиди от цементитен тип (θ). Може да се отбележи, че в тази проба количеството на $\epsilon\text{-Fe}_3(\text{C,N})$ и α -фазата са повече от тези при

стомана 3X2B8Ф. При последната присъстват повече специални нитриди като CrN , както и неразтворени $\text{Fe}_6\text{W}_6\text{C}$ от ТО. Присъствието им в наситената зона вероятно осезаемо повлиява твърдостта, износоустойчивостта и топлоустойчивостта на зоните.

Табл.2 Измерени стойности на твърдост и микротвърдост.

Материал	5XHM	3X2B8Ф
Твърдост след подобряване (HV_1), (Wilson)	350	512
Твърдост след ОКН и полиране (HV_1), (Wilson)	468	1010
Микротвърдост на свързаната зона, $\text{HV}_{0,02}$, (ПМТ-3)	851	935

Измерената микротвърдост на бялата зона на стомана 3X2B8Ф е 935 HV. Поради малката дебелина на свързаната зона коректното измерване на твърдостта с посочената апаратура е трудно постижимо и вероятно реалната микротвърдост има по-висока стойност. В тази насока реперна точка е и измерената макротвърдост на повърхността на пробата - $\text{HV}_1 = 1010 \text{ kgf/mm}^2$. Въпреки по-голямата дебелина на свързаната зона при стомана 5XHM, микротвърдостта, дори и с 20 г. натоварване, е по-ниска ($\text{HV}_{0,02} = 851 \text{ kgf/mm}^2$), при по-голяма приложена сила твърдостта е още по-ниска.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За инструментални стомани, комбинацията от отвърщане и ОКН представлява ефективно съчетаване на технологични операции, чрез които се получава комплекс от желани

структурни промени и потребителски свойства. Въпреки по-дългото време на насищане при стомана 5XHM, четири часовият режим на ОКН значително по-силно уякчава повърхността на високолегираната стомана 3X2B8Ф, поради активното формиране на специални нитриди и карбонитриди, които освен висока твърдост, притежават и добра топлоустойчивост. Дъготрайността на работа при такъв тип инструменти се осигурява основно от дифузионната зона, така че малката дебелина на свързаната зона не е притеснителна, а желателна, за да не се влошат трибологичните характеристики на повърхността.

ЛИТЕРАТУРА

Позняк Л.А., Тишаев С.И. и др, Инструментальные стали, „Металлургия“, Москва, 1977;
Николова М., Дисертация, 2013, Русе

Радав Р., Избор на материал, Русе, 2008, ISBN: 978-954-712-415-8;
Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А., Москва, Машиностроение, 1989;

Böhler, Plastic Mould Steel, Brochure, 2007;
Danev Pl, in: Proceedings of Scientific Session, RU'2004, Eng. Sci, 2004, 41, series 2, p. 73-77.;

A NEW VISION ABOUT HEAT TREATMENT OF TOOL STEELS BEFORE AND AFTER NITRIDING AND OXY-NITROCARBURIZING

Danail NIKOLOV¹, Maria NIKOLOVA¹, Plamen DANEV¹, Ivan DERMENDZHIEV¹

***Abstract:** An optimal way of heat treatment for plastic mould tool steels with higher heat resistance is proposed. The combination of the tempering process and nitriding or oxy-nitrocarburizing process that enhance surface properties contributes to high hardness, wear resistance and tough strength.*

***Key words:** tool steels, heat treatment, nitriding, oxy-nitrocarburizing.*