

# НЕКОНВЕНЦИОНАЛНА ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ТЕРМИЧНО ОБРАБОТВАНЕ НА ИНСТРУМЕНТИ И ДЕТАЙЛИ

UNCONVENTIONAL TECHNOLOGY FOR HEAT TREATMENT OF TOOLS AND DETAILS

## НЕКОНВЕНЦИОНАЛНА ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТОВ И ДЕТАЛЕЙ

Prof. DSc Stavrev D.<sup>1</sup>, Ass.Prof. Dr Eng. Dikova Ts.<sup>2</sup>  
Technical University of Varna<sup>1</sup>, Faculty of Dental Medicine, Medical University of Varna<sup>2</sup>, Bulgaria  
E-mail: [d\\_stavrev@abv.bg](mailto:d_stavrev@abv.bg); [tsanka\\_dikova@abv.bg](mailto:tsanka_dikova@abv.bg)

**Abstract:** An unconventional heat treatment method of large size details and tools, called surface hardening in depth, is presented in this paper. The defects after surface hardening in depth and subsequent tempering of rolling disks ( $\Phi 420-480\text{mm}$ ) of steel 9ChS (GOST) and gear wheels ( $m=8$ ,  $\Phi 1260\text{mm}$ ) of steel 42CrMo4 (DIN-EN) are analyzed. The quenching is carried out by heating in two ways - volume heating in furnace and gas-flame heating and next shower cooling. The tempering is implemented in furnace and by self-tempering. The board destroying is observed in disks with thin periphery while in gear wheels the surface cracks are initiated. For avoiding the defects the reasons for their obtaining are analyzed and the technology changes are applied.

**KEYWORDS:** SURFACE HARDENING IN DEPTH, ROLLING DISKS, GEARS

### 1. Увод

В класическите теория и технология на закаляването на Fe-C сплави то се подразделя на обемно и повърхностно. При обемното детайла се нагрява по целия обем и при следващо топлоотвеждане от всички повърхности той получава определени механични свойства. Свойствата са функция от материала, конфигурацията на детайла, режима на нагряване и начина на охлаждане. При повърхностното закаляване на термично въздействие се подлага ограничен обем от повърхностния слой при лимитирана дълбочина. При следващо топлоотвеждане от повърхността и към сърцевината на детайла се формират качествата на този слой. Те се изразяват в място и форма на уяквената повърхност, дълбочина и твърдост на повърхността. За оптимално съчетаване на качествата на детайла, синтезирани от експлоатационните условия, се приема, че дълбочината на закаления слой не трябва да надвишава 0.05 до 0.1 от диаметъра на детайли с цилиндрична форма [1]. В общото машиностроене дълбочината се колебае в границите 2-5 mm [2]. При тези условия остатъчните напрежения в осево и тангенциално направление на повърхността на детайла са натискови. Това е изключително полезно за високата уморна дълготрайност на детайлите. При повишаване дълбочината на закаляване рискът от поява на технологични (временни) напрежения на опън в повърхностния слой се увеличава, а от там рязко нараства наличието на дефекти и пукнатини, като се стига дори до пълно разрушаване. За намаляване на този риск е

наложително при изисквания за закаляване на по-голяма дълбочина прилагането на дълбочинно нагряване да се съчетае с използването на стомани с понижена прокаляемост [1 и 3]. Това са нелегирани въглеродни стомани с понижено съдържание на Mn и Si. Нашият опит показва, че легирани конструкционни стомани могат да се закалят дълбочинно-повърхностно чрез използване на предварително подгряване и следващо газо-пламъчно нагряване. Получава се ефект на забавено охлаждане и самоотвързване, при което се постигат конструктивните изисквания без рискове от пукнатини [4]. В много случаи на инструменти (валци за студено и горещо валцоване) и детайли с интензивно натоварени контактни



Фиг. 2 Шевронно зъбно колело от стомана 42CrMo4.



Фиг. 1 Валцов диск от стомана 9ХС.



Фиг. 3 Газо-пламъчно нагряване на полоса долна на зъбния венец.



Фиг.4 Валцов диск в процес на душево охлаждане.



Фиг.5 Охлаждане на полоса долна на зъбния венец.

повърхности се изисква повърхностната твърдост да бъде в границите 55-62 HRC, като по дълбочина тя намалява до изходната на разстояние 15-20 mm [5].

В настоящата публикация е направен опит за изследване причините за появяване на непоправими дефекти – разрушаване и образуване на повърхностни пукнатини в голямогабаритни детайли и инструменти след дълбочинно-повърхностно уякчаване и за предписване на технологични възможности за избягването им.

## 2. Постановка на задачата и методика на промишлените експерименти

### 2.1. Обект на експериментите

Подложени са на дълбочинно-повърхностно уякчаване голямогабаритни детайли и инструменти: валци с дискова конфигурация за студено деформиране на листов материал от стомана 9XC (ГОСТ) с диаметър 420-460 mm (фиг. 1) и шевронни зъбни колела с  $m=8$  и диаметър 1260 mm от стомана 42CrMo4 (DIN-EN) (фиг. 2). Изискванията за повърхностна твърдост на валците е 60-64 HRC, а на зъбните венци 35-40 HRC.

### 2.2. Начин на нагряване

Дискете валци са нагрявани обемно в електросъпротивителна пещ с време на задържане 180 минути, а зъбните колела – газо-пламъчно, едновременно по цялата периферия на дълбочина 15-20 mm. Двете полоси са нагрявани



Фиг. 6 Разрушен борд от валцов диск по време на охлаждането.

последователно. Най-напред полоса „долна“ (фиг.3) и след охлаждането ѝ – полоса „горна“. Температурата, измерена по периферията на валците, преди охлаждане е 890°C, а на зъбните колела - 870°C. Измерването е извършено с безконтактен инфрачервен термометър.

### 2.3. Способ на охлаждане

Охлаждането се осъществява посредством душеви устройства върху уредби, осигуряващи въртене на детайлите и промяна разположението на душовете спрямо охлаждаемите повърхности, както и регулиране на дебита (фиг.4 и фиг.5). Уредбите са съвместна разработка на авторите със ЗММ-Златоград и ВАПРЕС-Плевен.

## 3. Резултати от експерименталното уякчаване и анализ

### 3.1. Повърхностно уякчаване на диск от 9XC

Прегледът на литературните източници и нашият опит свидетелствуват за рисковите условия при уякчаване на изделия от високовъглеродни легирани инструментални стомани. Известни са много данни за нарушаване целостта на инструментална екипировка по време на технологичния процес и след него. Обработеният прокатен диск с овална форма на работната повърхност от стомана 9XC е уякчен чрез обемно нагряване, душево-повърхностно охлаждане и непосредствено следващо отвърщане при 220°C в продължение на 4 часа. Визуалната и капилярна дефектоскопии не показват наличие на дефекти след постигане на изискванията за твърдост на работната повърхност. При другия тип с дискова конфигурация и тънък борд по периферията нагряването и охлаждането при същите режими дава негативен резултат – разрушаване на борда по време на охлаждане (фиг. 6). Анализът на причините за получаване на непоправимия дефект води до извода, че специфичната конструкция на диска налага промяна в кинетиката на охлаждане на неговите конструктивни елементи.



Фиг.7 Газо-пламъчно нагряване на полоса „горна“ на зъбния венец.



Фиг.8 Пукнатини в зъбите на полоса „долна“.

При това следва да се осигури приоритетно и интензивно охлаждане на конусната част в сравнение с периферния борд. Налага се бордът да се охлажда с интензивна въздушна струя. При прилагането на тази схема се гарантира липсата на разрушаване и твърдост на повърхността в конусната част 50-55 HRC. На повърхността на борда тя е в границите 42-48 HRC. Компромисът по отношение на твърдостта следва да насочи усилията към конструктивна промяна с цел получаване на конфигурация с равномерна или близка дебелина на стената по цялата работна повърхност. Следва да бъде експериментирана и схема с използване на водовъздушна смес при охлаждане на борда и преминаване от обемно към повърхностно-дълбочинно нагряване.

### 3.2. Повърхностно-дълбочинно уякчаване на шевронно зъбно колело от 42CrMo4

Схемата на уякчаване включва циклично повърхностно-дълбочинно закаляване със следващо самоотвърщане последователно на двете полоси на колелото – „горна“ и „долна“.

Първоначално на повърхностно газопламъчно нагряване (природен газ + кислород), душево охлаждане със следващо самоотвърщане се подлага полоса „долна“ (фиг.3 и фиг.5), а след това – полоса „горна“ (фиг.7). Между двата прехода е наложен промеждутък от „мъртво“ време от порядъка на 16 часа. През това време не се извършва термично въздействие. И при двата прехода непосредствено след охлаждането следва самоотвърщане, като топлоотнемането спира при достигане температура на повърхността 220-250°C. След окончателното охлаждане на колелото (8 часа) се извършва визуална и капиллярна дефектоскопия. Анализът показва наличие на пукнатини в основата на зъбите на полоса „долна“, на дълбочина 4-5 mm от челото на зъбното колело (фиг.8). Появяването им само на ограничен брой зъби показва, че то има преди всичко случаен характер. Измерването на твърдостта в тези зъби установи стойности 48-53 HRC, което надвишава изискванията за твърдост с над 10 HRC. Наличието на пълно мартензитно превръщане в зъбите на колелото в тази част от него е пречинено от обилното оттичане на душевите струи. Тази кинетика на охлаждането осигурява по-интензивно топлоотвеждане и вероятна поява на опънови напрежения, които са причина за разрушаването. Друга причина е недостатъчната температура на самоотвърщане, която не способства за намаляването им.

Тези дефекти могат да се избегнат чрез намаляване интензивността и времето за охлаждане. Това води неизбежно до повишаване температурата на самоотвърщане. Не би следвало да се оставя и „мъртво“ време между двата прехода. Този промеждутък е една от причините да не се получи ефект от отвърщане върху полоса „долна“ при газопламъчното нагряване на полоса „горна“.



Фиг.9 Шевронно зъбно колело след дълбочинно повърхностно уякчаване.

При закаляване на друго колело от серията (фиг. 9) и прилагане на горните предписания дефекти не са идентифицирани.

## 4. Изводи и заключения

Анализът на причините за дефектите, получени при дълбочинно-повърхностно уякчаване на голямогабаритни детайли и инструменти, налага следните основни изводи и заключения.

- Използването на технологията при дискови валци за студено деформиране от 9ХС чрез обемно нагряване, следващо душево охлаждане с вода и пещно отвърщане е удачна за конфигурации с овална форма на повърхността, липса на остри ръбове и сечения с различна дебелина.

- Бордове с малко сечение което се различава съществено от това на другите деформиращи повърхности не са препоръчителни, като конструктивни елементи от гледна точка на технологията на уякчаване.

- Пригаждането на технологията към конструкцията в горния случай се извършва чрез комбиниране на водно-душево с въздушно-душево охлаждане.

- При дълбочинно-повърхностно уякчаване на голямогабаритни зъбни колела от 42CrMo4 и твърдosti над 45 HRC съществува риск от поява на повърхностни пукнатини.

- Дефектите се избягват чрез намаляване продължителността и интензивността на охлаждане, при което се постига твърдост 35-40 HRC.

- Условието за намаляване и избягване на дефектите при уякчаване на зъбни колела с полоси на зацепване при горните условия е последователното им нагряване и охлаждане да се извършва без промеждутък от време между тях.

## Литература

1. Головин Г.Ф., Зимин Н.В., *Технология термической обработки металлов с применением индукционного нагрева*, Ленинград, Машиностроение, 1990, 87 с.;
2. Фетисов Г.П. и др., *Материаловедение и технология металлов*, Высшая школа, Москва, 2001, 638 с.;
3. Головин Г.Ф., Зимин Н.В., *Технология термической обработки металлов с применением индукционного нагрева*, Ленинград, Машиностроение, 1979, 119 с.;
4. Ставрев Д.С. и др., *Метод и технология за уякчаване на ходови колела за подемна техника*, Архитектура, строителство, съвременност. НПК, Варна, 2005, 292-301с.;
5. Большаков В.И., Долженков И.Е., Долженков В.И., *Технология термической и комбинированной обработки металлопродукции*, Днепрпетровск, Gaideamus, 2002, 386с.

