

обеспечить на металле опытно-штатного диска следующий высокий уровень свойств: $\sigma_{0,2} > 750$ МПа, $\delta > 15\%$, $\psi > 60\%$, $KCV > 0,8$ МДж/м², температура полухрупкости $T_{50} = -60$ °С, $K_{Ic} = 185$ МПа/м^{1/2}, сопротивление усталости $\sigma_{-1} = 410, 390$ и 355 МПа (на базе $N = 1 \cdot 10^6$ циклов при 20, 250, 350 °С соответственно).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная технология термической обработки дисков турбин из стали 26ХНЗМ2ФАА может быть основой разработки детальной технологии для других крупногабаритных изделий с учетом специфики реального производства и имеющегося закалочного оборудования. Можно осуществлять дальнейшее совершенствование такой технологии путем увеличения длительности охлаждения в воде или сверления осевого канала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов И. А. Термическая обработка ответственных деталей в энергомашиностроении // МиТОМ. 1979. № 9. С. 2 – 6.
2. Борисов И. А., Борисов А. И. Моделирование основных параметров термической обработки крупных поковок // МиТОМ. 1995. № 8. С. 16 – 18.
3. Квашина Е. И., Борисов И. А., Смирнова Е. К. Влияние скорости охлаждения после аустенитизации на структурообразование при отпуске Cr – Ni – Mo – V-стали // Влияние параметров термической обработки на структуру и свойства металла поковок роторов. М.: НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1974. № 13 – 74 – 3. С. 8 – 12.
4. Чижик А. А., Ланин А. А. Разработка критерия оценки трещиностойкости сталей при закалке // Деформация и разрушение теплоустойчивых сталей: Материалы конференции. М: МДНТП, 1983. С. 44 – 46.
5. Лошкарев В. Е., Кубачек В. В. Исследование интенсивных режимов закалки изделий сложной формы // Промышленная теплотехника. 1982. Т. 4, № 5. С. 73 – 80.
6. Лошкарев В. Е. Регулирование закалочных напряжений в полых цилиндрических изделиях // Известия вузов. Черная металлургия. 1984. № 11. С. 90 – 94.
7. Амелянчик А. В., Борисов И. А., Политкина В. Т. Расчет рациональных режимов закалки хвостовиков роторов паровых турбин // Труды ЦНИИТМАШ. 1987. № 210. С. 25 – 26.
8. Лошкарев В. Е., Немзер Г. Г. Исследование интенсивных режимов закалки изделий сложной формы // Промышленная теплотехника. 1982. Т. 4, № 5. С. 73 – 80.
9. Борисов И. А. Влияние продолжительности высокого отпуска на устранение текстуры перегрева в роторных сталях // МиТОМ. 1991. № 5. С. 11 – 14.
10. А. с. № 963309 РФ. Сталь / Крянин И. Р., Борисов И. А., Астафьев А. А. и др.
11. Борисов И. А. Некоторые положения теории легирования сталей для роторов турбин и генераторов // МиТОМ. 2001. № 3. С. 22 – 26.

УДК 621.78.06

Применение охлаждающей среды УЗСП-1 при спрейерной закалке зубчатых колес

В. В. ГОРЮШИН¹, С. Ю. ШЕВЧЕНКО¹, С. А. КОВАЛЕВА²

¹ МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва;

² ОАО "Рязанский станкостроительный завод", г. Рязань

Представлены результаты применения полимерной закалочной среды УЗСП-1 на ОАО "РСЗ" при спрейерной закалке зубчатых колес из улучшаемых и цементуемых сталей после нагрева ТВЧ. Изучено влияние длительного (около 15 лет) срока хранения концентрата УЗСП-1 на охлаждающие и эксплуатационные свойства среды.

ВВЕДЕНИЕ

Зубчатые колеса из сталей 20ХНМ, 20Х, 40Х, 45Х, 40ХНМ, 45 диаметром от 30 до 1000 мм и модулем от 2 до 8 мм на ОАО "Рязанский станкостроительный завод" (ОАО "РСЗ") подвергаются закалке с нагревом ТВЧ и последующему спрейерному охлаждению. Для охлаждения деталей в течение многих

лет применяли 10 – 15%-ный водный раствор эмульсола НГЛ-205 (ТУ 38-101-547-80) с рабочей температурой 15 – 40 °С. В последние годы участилось появление закалочных трещин на деталях, а в 2005 г. поставка эмульсола указанной марки на завод была прекращена. В связи с этим возникла острая потребность в подборе новой закалочной среды для спрейерного охлаждения зубчатых колес. В начале 1990-х

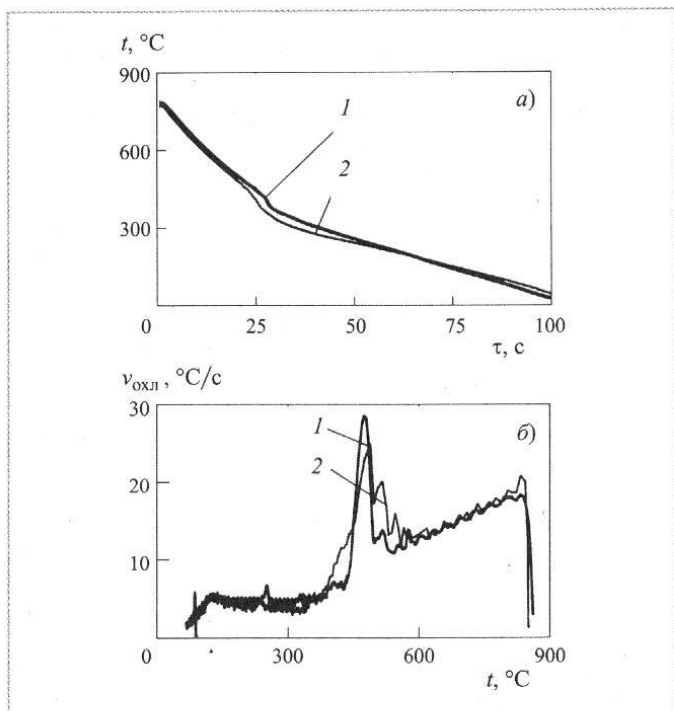


Рис. 1. Кривые охлаждения (а) и скорости охлаждения при различных температурах (б) в 5%-ных растворах УЗСП-1:

1 — из свежего концентрата; 2 — после 15 лет хранения концентрата

годов ОАО "РСЗ" был приобретен концентрат закалочной среды УЗСП-1 (ТУ 38.403192-86) производства ярославского ОАО НИИ "Ярсинтез". Было принято решение исследовать работоспособность концентрата данной партии и провести его производственное опробование в качестве закалочной среды.

Цель настоящей работы — изложить результаты исследования и опыт применения полученной закалочной среды УЗСП-1 при проведении спрейерной закалки зубчатых колес из улучшаемых и цементуемых сталей после нагрева ТВЧ.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Из концентрата УЗСП-1 (24 % по сухому остатку) готовили растворы закалочной среды с концентрациями от 3 до 5 %. Охлаждающую способность среды исследовали по методике стандарта ISO 9950 [1] с использованием цилиндрического датчика из

Таблица. Размеры зубчатых колес и режимы их термической обработки

Марка стали	Диаметр колес, мм	Модуль колес, мм	Требуемая твердость, HRC ₃	Температура, °C	
				закалки	отпуска
40X	75	2,5	49 – 57	890 – 930	180 – 220
45	64	2	47 – 53	880 – 920	
20X (после цементации)	126	3	57 – 63	860 – 880	

сплава типа X20H80 диаметром 12,5 и длиной 60 мм с термопарой в геометрическом центре. Исследования проводили на установке [2] в лаборатории проблем закалки кафедры "Материаловедение" МГТУ им. Н. Э. Баумана. Датчик нагревали до 850° С, выдерживали 10 мин, затем быстро переносили в закалочный бак вместимостью 2 л с исследуемой закалочной средой. Кривые охлаждения регистрировали с помощью компьютера, к которому через устройство сопряжения подключали провода термопары датчика. Устройство сопряжения представляет собой аналого-цифровой преобразователь, с помощью которого показания датчика с частотой 0,5 с в цифровом виде поступают на последовательный порт компьютера. Обработку данных проводили с помощью специально разработанной программы.

Твердость закаленных зубчатых колес измеряли на вершине зуба твердомером ТК-2. Поверхностные дефекты после закалки изучали на магнитном дефектоскопе ДМП-2. Проводили исследование микроструктуры* зубчатых колес из сталей 45, 40X и зубчатого колеса из стали 20X, предварительно подвергнутого цементации при 920 – 950 °С на глубину 1 – 1,4 мм. Размеры зубчатых колес, твердость и режимы термической обработки приведены в таблице.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Производитель закалочной среды УЗСП-1 дает гарантию на концентрат в течение 12 мес. В Лаборатории проблем закалки кафедры "Материаловедение" МГТУ им. Н. Э. Баумана хранится концентрат УЗСП-1, приобретенный у производителя в 1995 г. На рис. 1, а приведены кривые охлаждения, полученные в 5%-ных растворах, приготовленных из свежего концентрата (кривая записана в 1996 г.) и из концентрата РСЗ, хранившегося около 15 лет. На рис. 1, б приведены температурные зависимости скоростей охлаждения, обеспечиваемых этими растворами. Охлаждающие свойства растворов практически идентичны. Увеличение срока хранения приводит лишь к некоторому снижению максимальной скорости охлаждения. При температурах ниже 400 °С скорости охлаждения невелики (≈ 5 °С/с, что сопоставимо со скоростями охлаждения в масле).

Известно [3], что на начальном этапе эксплуатации растворов УЗСП-1 их молекулярно-массовые характеристики изменяются вследствие разрушения длинных молекулярных цепей. С целью проверки возможного влияния этого эффекта на параметры охлаждения проводили "термический удар": в 5%-ном растворе закачивали стальные цилиндры, нагретые до 850 °С. Регистрировали кривые охлаждения раствора после закалки в нем 0,75 кг металла на 1 л раствора и после закалки 1,5 кг металла на 1 л раствора.

* В работе принимал участие Д. М. Мищенко.

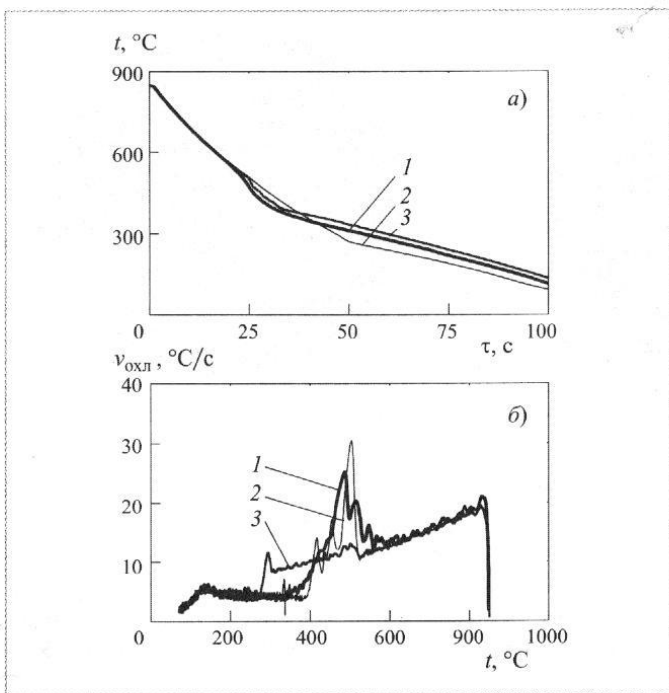


Рис. 2. Кривые охлаждения (а) и скорости охлаждения при различных температурах (б) в 5%-ных растворах УЗСП-1, приготовленных из концентрата ОАО "РСЗ":

1 — свежеприготовленного; 2 — после закалки 0,75 кг металла на 1 л раствора; 3 — после закалки 1,5 кг металла на 1 л раствора

Анализ результатов их сравнения с кривой охлаждения свежеприготовленного раствора (рис. 2, а) а также сравнения скоростей охлаждения при разных температурах (рис. 2, б) показал, что после закалки металла при условии 1,5 кг/л максимум скоростей охлаждения снижается и сдвигается в область более низких температур. Тем не менее, при температурах ниже 400 °С скорости охлаждения не превышают 10 °С/с. "Термический удар" практически не повлиял на охлаждающую способность среды в диапазоне температур охлаждения до 400 °С.

Для объемной закалки деталей из улучшаемых сталей типа 40Х на АМО "ЗИЛ" применяли 3–4%-ные растворы УЗСП-1 [4], а для спрейерной закалки колец подшипника из стали 50ХФА — 3%-ный раствор [5]. Сравнение охлаждающей способности 3%-ного раствора УЗСП-1 и масла И-12, проведенное по кривым охлаждения и температурным зависимостям скоростей охлаждения, показало, что кривые практически не различаются (рис. 3). Это позволило рекомендовать раствор УЗСП-1 с концентрацией 3–4 % для опробования в производственных условиях на ОАО "РСЗ" для закалки зубчатых колес после нагрева ТВЧ.

Каждая закалочная установка на ОАО "РСЗ" имеет отдельный закалочный бак объемом 6 м³, откуда закалочная жидкость насосом подается по трубам к спрейеру. Было приготовлено и залито в бак 3 м³ 4%-ного раствора УЗСП-1. Проводили закалку опыт-

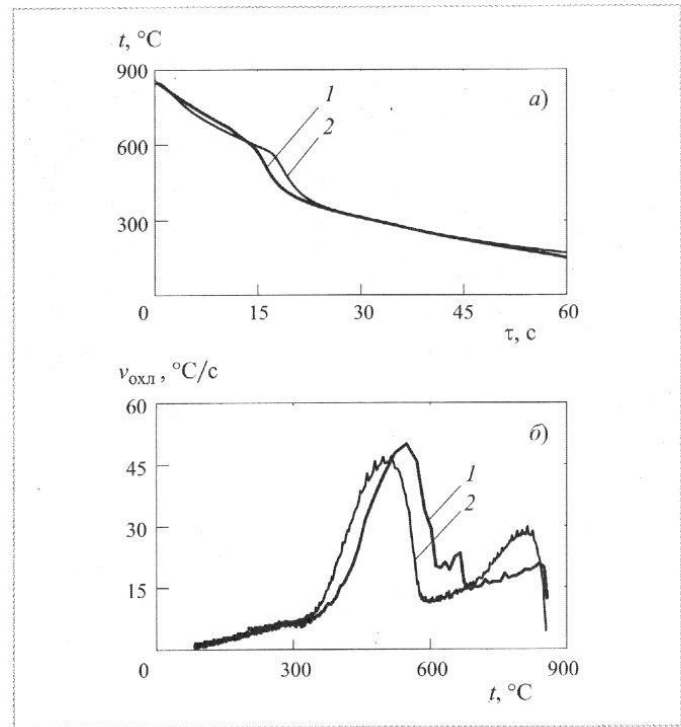


Рис. 3. Кривые охлаждения (а) и скорости охлаждения при различных температурах (б) в 3%-ном растворе УЗСП-1 (1) и масле И-12 (2)

ных партий зубчатых колес из различных сталей с контролем твердости и закалочных трещин на каждой детали. На рис. 4 представлена микроструктура поверхностного слоя зубчатых колес из сталей 45, 40Х и 20Х (после цементации). Структура представляет собой мелкоигольчатый отпущенный мартенсит (в цементованном слое стали 20Х присутствуют также мелкие карбиды) и соответствует требованиям, предъявляемым к структуре закаленных деталей.

В ходе опробования УЗСП-1 на опытных партиях зубчатых колес различных типоразмеров была обеспечена необходимая твердость деталей при отсутствии закалочных трещин. Контроль концентрации рабочего раствора проводили по сухому остатку. На протяжении всего срока испытаний (3–5 мес) концентрацию поддерживали на уровне 3–4 % в основном добавлением воды, так как происходило ее испарение, а полимер сохранялся. Была изготовлена установка для определения охлаждающей способности закалочных сред [2]. В настоящее время на ОАО "РСЗ" две закалочные установки переведены на УЗСП-1 и работают на программу выпуска. Контроль концентрации рабочего раствора проводится по кривым охлаждения. В ходе эксплуатации среды УЗСП-1 обнаружилось, что индуктор, находящийся в непосредственной близости от спрейера, покрывается пленкой полимера, которая при нагреве высыхает и создает опасность коротких замыканий. Проблема коротких замыканий была устранена путем промыв-

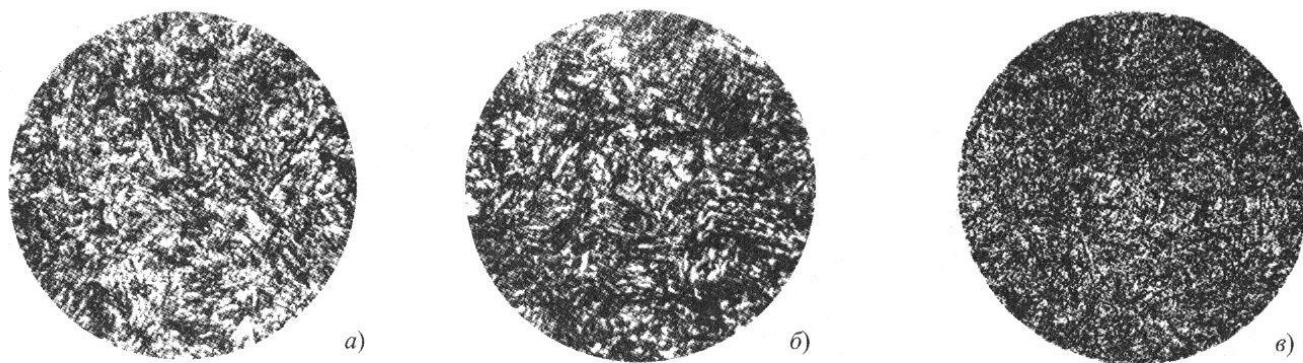


Рис. 4. Микроструктура поверхностного слоя закаленных в 4%-ном растворе УЗСП-1 и отпущенных зубчатых колес из сталей 45 (а), 40Х (б), 20Х после цементации (в). $\times 500$

ки индуктора после каждой смены либо путем замены его на другой индуктор (партии зубчатых колес чаще всего небольшие, за смену может проходить закалка нескольких партий деталей разных типоразмеров).

ВЫВОДЫ

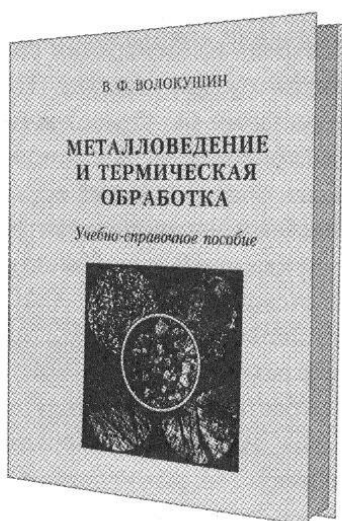
1. Длительный (около 15 лет) срок хранения концентрата УЗСП-1 не оказал существенного влияния на его охлаждающие и эксплуатационные свойства.

2. Раствор закалочной среды УЗСП-1 с концентрацией 3–4 % опробован и внедрен на ОАО "РСЗ" для спрейерной закалки широкой номенклатуры зубчатых колес после нагрева ТВЧ. Закалка в УЗСП-1 обеспечивает необходимые свойства деталей в соответствии с техническими требованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO 9950:1995(E). Industrial quenching oils — Determination of cooling characteristics — Nickel-alloy probe test method. Geneva: International Organization for Standardization, 1995. 9 p.
2. Ксенофонтов А. Г., Прусаков Б. А., Шевченко С. Ю. Разработка портативной установки для определения охлаждающей способности закалочных сред // МиТОМ. 2001. № 11. С. 39–40.
3. Жукова Т. Д. Эксплуатационные характеристики закалочной полимерной среды УЗСП-1 // Синтез, свойства и применение водорастворимых полимеров. Ярославль, 1989. 14 с.
4. Горюшин В. В. Свойства улучшаемых сталей после закалки в водных растворах УЗСП-1 // МиТОМ. 1989. № 5. С. 5–7.
5. Горюшин В. В., Истомин Н. Н., Шевченко С. Ю. и др. Закалка шарикоподшипниковых сталей и деталей подшипников в полимерной среде УЗСП-1 // МиТОМ. 1999. № 2. С. 3–7.

НОВЫЕ КНИГИ



МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА.

В. Ф. Волокушин

Винница: Изд-во "Книга-Вега", 2005. 520 с.

В книге содержатся основные сведения по металлосведению и термической обработке черных и цветных сплавов, а также новые результаты исследования их кристаллического строения методом световой фрактографии. Она является учебно-справочным пособием и рекомендуется для учебных заведений всех трех форм образования, принятых в Украине, а также для специалистов, разрабатывающих конкурентноспособную технологию термической обработки в металлообрабатывающей промышленности.

Книга написана специалистом в области световой фрактографии на основе материалов, накопленных им в течение более 40 лет в условиях производства.

Предназначена для широкого круга металлосведов, термистов, кузнецов, литейщиков, прокатчиков, механиков, конструкторов машин, механизмов, оснастки, инструментов, а также для специалистов, занимающихся изучением проблем прочности, надежности и долговечности металлических изделий, обрабатываемости металлов резанием и раскрытием тайны булата.