

# ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ И РЕЖИМОВ УПРОЧНЕНИЯ ШТАМПОВ ГОРЯЧЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ СТАЛИ 70Х3Г2ФТР

Курманов В. Ф., Крылова С.Е.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург,

## АННОТАЦИЯ

Рассмотрены структура и свойства новой экономнолегированной штамповой стали инструментального класса на различных этапах термической обработки. Показано, что значительное влияние на поведение стали 70Х3Г2ФТР при эксплуатации оказывает окончательный режим термического упрочнения. Определены температурно-временные параметры высокого отпуска. Указан механизм дисперсионного упрочнения, основанный на качественном и количественном изменении соотношения карбидной составляющей в сплаве.

## ABSTRACT

The structure and properties of new ekonomnolegированный shtampovyy steel of a tool class at various stages of heat treatment are considered. It is shown that at operation the final mode of thermal hardening has considerable impact on behavior of steel 70H3G2FTR. Temperature and time parameters of high holiday are determined. The mechanism of dispersive hardening based on high-quality and quantitative change of a ratio of a carbide component in an alloy is specified.

Имеющийся промышленный опыт эксплуатации крупногабаритного тяжело нагруженного инструмента позволил сформулировать общие требования к сталям инструментального класса, такие как высокая закаливаемость (60 – 63 HRC после закалки) и прокаливаемость (не менее 49 НКС на глубине 57 мм), возможность получения достаточно пластичной сердцевины крупногабаритного инструмента ( $\sigma_{02} = 300-350$  МПа), наряду с обеспечением повышенной прочности на поверхности ( $\sigma_{02} = 800-900$  МПа), высокая износостойкость, контактная прочность, технологичность на основных переделах, минимальная склонность к деформации и короблению в процессе термической обработки и неизменность размеров в процессе эксплуатации и др.

Перечисленным выше требованиям соответствуют стали мартенситного класса с карбидным упрочнением, дисперсионно-твердеющие, легированные сильными карбидообразующими элементами. Однако их эксплуатация на машиностроительных и металлургических предприятиях выявила ряд проблем, связанных с низкой технологичностью на основных переделах из-за повышенного содержания легирующих элементов, в частности хрома. Проблемы связаны с наличием протяженной карбидной сетки, сложностью технологии термической обработки, сопровождающейся образованием трещин разгара, а также низкой эксплуатационной и износостойкостью.

Как один из вариантов решения поставленной проблемы на основе многофакторного эксперимента и регрессионного статистического анализа в ранних работах[1] для производства штампов горячего деформирования была рекомендована опытная сталь 70X3Г2ФТР с микролегирующим комплексом (патент № 2535148 РФ Инструментальная сталь для горячего деформирования; от 20.07.2014).

Химический состав опытной стали марки 70X3Г2ФТР приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав экспериментальной стали 70X3Г2ФТР

Марка стали	C	Mn	Cr	Si	S	P	Ti	B	V
70X3Г2ФТР	0,60-0,70	1,9-2,1	2,8-3,2	0,4-0,7	Не более 0,025	Не более 0,025	0,15-0,30	0,001-0,003	0,55-0,65

Сталь 70X3Г2ФТР, применяемая для изготовления ударного инструмента и штампов горячего деформирования, обладает определенным комплексом эксплуатационных свойств: удовлетворительной прочностью, твердостью и износостойкостью поверхности в сочетании с достаточной вязкостью и пластичностью металлической основы, имеет высокую прокаливаемость и закаливаемость [2]. По структурному признаку данная сталь является квазиэвтектоидной, после отжига структура состоит из смеси пластинчатого и зернистого перлита с небольшими участками цементита и карбидов типа  $MC$ ,  $M_{23}C_6$ ,  $M_3C$ .

Особое внимание уделялось изучению структуры опытной стали после закалки и отпуска. Структура стали 70X3Г2ФТР после закалки с температуры  $1000^{\circ}C$  в масло представлена на рисунке 1.

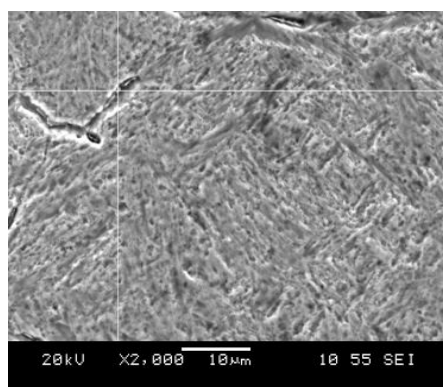


Рисунок 1 – Микроструктура стали 70X3Г2ФТР после закалки

Структура данной стали после закалки представляет собой троостомартенсит (75%), аустенит остаточный (~22%) и карбиды в свободном виде (~3%). Спектры, взятые с различных карбидных включений и участков металлической основы, свидетельствуют о присутствии в структуре стали 70X3Г2ФТР карбидов хрома, титана и ванадия, а также карбидов смешанного типа.

Для исследования разупрочнения данной стали при отпуске были построены зависимости твердости от температуры и времени нагрева, рисунок 2.

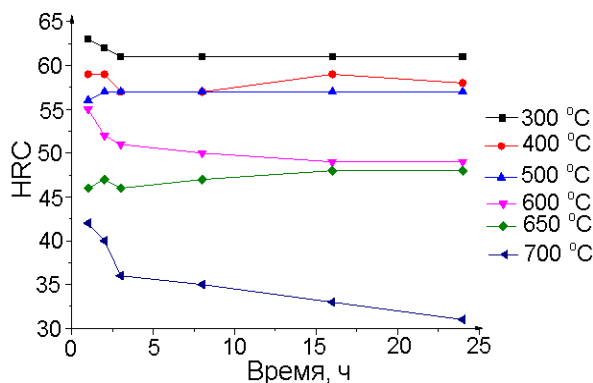


Рисунок 2 - Влияние температуры и продолжительности отпуска на твердость стали 70X3Г2ФТР после закалки от 1000 °C

Так в исследуемой стали наблюдается замедление разупрочнения при отпуске в интервале температур 300–500 °C что, обусловлено присутствием в матрице сталей атомов Cr, Ti, V и V, уменьшающих диффузионную подвижность атомов углерода и замедляющих коагуляцию цементита. Исследование карбидной фазы, формирующейся при отпуске, показало, что карбиды типа  $Me_3C$  и  $Me_7C_3$  являются фазами переменного состава, в которых замещаются не только атомы железа и хрома, но и присутствуют также атомы титана и ванадия в различных пределах. Таким образом, в стали 70X3Г2ФТР после закалки от температуры 1000 °C и отпуска в районе 580–600 °C (твердость HRC 52–54) наблюдается дисперсионное упрочнение.

Оценка механических и эксплуатационных свойств показала, что механические свойства стали 70X3Г2ФТР (табл. 2) находятся на требуемом уровне (согласно ОСТ 24.013.04-83).

Таблица 2 – Механические и эксплуатационные свойства сталей инструментального класса

Сталь	Твердость , HRC	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Ударная вязкость, КСУ, кДж/м <sup>2</sup>	Износостойкость , Кас
45Х5МФ	48	1480	107	1,04
5ХНМ	39	1250	59	0,99
4Х5МФС	52	1490	59	1,19
<b>70Х3Г2ФТ</b> <b>Р</b>	<b>54</b>	<b>1590</b>	<b>112</b>	<b>2,75</b>

По прочности исследуемая сталь не уступает наиболее часто применяемым в настоящее время инструментальным сталям, работающим в сложных условиях эксплуатации, а по ударной вязкости и износостойкости несколько превосходит их.

*Список использованных источников:*

- 1. Крылова С.Е., Москаленко В.А., Грызунов В.И. Разработка оптимального сплава, обеспечивающего длительную, безаварийную работу оборудования в условиях ударно-абразивного износа / Сталь. – 2005. - №3. – С. 201-210.*
- 2. Крылова С. Е., Фирсова Н. В. Влияние процессов термической обработки на структуру и износостойкость штамповой стали / Вестник*

*Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 4, апрель. – С. 192-195.*