

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛА 13X15N4AM3-Ш (ВНС-5) ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Синодеева П.И.

Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, Иваново, Россия

Ключевые слова: сталь, термическая обработка, прочность, вязкость, пластичность, обезводороживающий отпуск, закалка, обработка холодом, старение, карбидная сетка, отпуск, твердость, материал.

Аннотация. В статье идёт речь об особенностях термической обработки материала 13X15N4AM3-Ш. Указан типовой технологический процесс, раскрыты основные операции термической обработки: обезводороживающий отпуск, закалка, обработка холодом, старение, отпуск, контроль. Сделаны выводы о проделанной работе, о том, что необходимо строго соблюдать требования к термическим операциям так как материал «капризный» и любое отклонение от параметров может привести к браку.

FEATURES OF HEAT TREATMENT OF THE MATERIAL 13X15N4AM3-SH (VNS-5) FOR PARTS OF THE TYPE OF BODIES OF ROTATION

Sinodееva P.I.

Ivanovo State Power University named after V.I. Lenin, Ivanovo, Russia

Keywords: steel, heat treatment, strength, viscosity, plasticity, dewatering tempering, hardening, cold treatment, aging, carbide mesh tempering hardness, material.

Abstract. The article deals with the features of the heat treatment of the material 13X15N4AM3-Sh. A typical technological process is indicated, the main operations of the heat treatment are disclosed: dewatering tempering, hardening, cold treatment, aging, tempering. Conclusions are draw about the work done, that it is necessary to strictly comply with the requirements for thermal operations, since that material is “capricious” and any deviation from the parameters can lead to marriage.

Сталь ВНС-5 является свариваемой нержавеющей сталью переходного аустенитно-мартенситного класса. Такая сталь рекомендуется для изготовления нагруженных узлов (деталей, изготавливаемых из поковок и штамповок) и агрегатов, работающих при температуре до 350°. Сталь обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью на воздухе и в топливе (типа керосина).

Сталь ВНС-5 имеет очень высокую прочность, вязкость, пластичность, а также малую чувствительность к концентрации напряжений при однократной статической и динамической нагрузках.

Детали из стали ВНС-5, имеющие концентраторы напряжений, лучше работают в условиях приложения многократных нагрузок, чем детали из стали 30ХГСА.

При проектировании деталей из стали ВНС-5 следует избегать малых радиусов резких переходов, а также расположение сварных швов в местах перепада жесткостей. При проектировании деталей из поковок необходимо предусматривать направление волокна в деталях таким образом, чтобы

значительные растягивающие напряжения не были направлены по высоте (толщине) материала.

Исследуя различную литературу, чтобы показать особенность термической обработки материала ВНС-5, мною был составлен типовой технологический процесс для изготовления деталей типа тел вращения. Типовой технологический процесс представлен в таблице 1.

Табл. 1 Типовой технологический процесс изготовления деталей типа тел вращения из материала ВНС-5

№ оп.	Операция	Краткое содержание операции
05	Заготовительная	
10	Предварительная механическая обработка	Предварительное изготовление образцов, обработка детали. ! На данном этапе образцы и заготовки должны иметь одинаковую толщину
15	Гальваническая	Обезжиривание заготовок и образцов в бензине или химическом растворе
20	Обезводороживающий отпуск	$520^{\circ}\pm 10^{\circ}\text{C}$ с выдержкой 10 часов с охлаждением на воздухе
25	Закалка	Закалка $1070^{\circ}\pm 10^{\circ}$ с выдержкой T мин, с последующим охлаждением в масле
30	Промывка	Промывка от масла в содовом растворе 30 г/л; $T = 60^{\circ}\text{C}$
35	Обработка холодом	Обработка холодом при температуре $70^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ - выдержка 2 часа или при температуре $50\text{--}55^{\circ}\text{C}$ - выдержка 4 часа. ! Разрыв времени между закалкой и обработкой холодом не должен превышать 2-3 суток. ! Необходимо выполнить контроль твёрдости
40	Механическая обработка	Окончательное изготовление детали, образцов
45	Старение (вместе с образцами)	При $T = 350^{\circ}\pm 10^{\circ}$ в течении 2 часа с последующим охлаждением на воздухе $\sigma_g = 138\text{...}160$ (HRC 41...47)
50	Контроль микроструктуры на отсутствие карбидной сетки	! Наличие в структуре карбидной сетки недопустимо
55	Контроль образцов на разрыв	
60	Окончательная механическая обработка	Выполнить шлифование поверхностей (согласно графике чертежа); нарезать резьбу (при отсутствии вакуумных печей или иных средств защиты резьбы)
65	Гальваническая	Обезжиривание заготовок и образцов в бензине или химическом растворе
70	Термическая	Отпуск при $T = 200^{\circ}\pm 10^{\circ}\text{C}$ в течение 3х часов для снятия шлифовочных напряжений с последующим охлаждением на воздухе
75	Гальваническая	По указаниям ТТ чертежа
80	Малярная	По указаниям ТТ чертежа
85	Контрольная	

Обезводороживающий отпуск

Детали наиболее ответственного назначения с толщиной стенки от 30 мм и выше, а также все детали, термообрабатываемые на прочность $\sigma_b=160\pm 10$ кГ/мм², рекомендуется подвергать после механической обработки (перед закалкой) нагреву при $520\pm 10^\circ$ с выдержкой 8-20 часов (в зависимости от толщины детали) для повышения пластичности [1].

Болты ответственного назначения диаметром более 10 мм рекомендуется перед закалкой подвергать отпуску при 520° , выдержка не менее 10 часов для обезводороживания.

Закалка

Нагрев под закалку деталей из стали ВНС-5 следует производить с использованием защитной эмали, или в среде аргона, или в вакуумной печи с охлаждением в масле. Если после окончательной термообработки детали подвергаются механической обработке кругом с припуском не менее 0,5 мм на сторону применением защитной эмали или защитной среды при нагреве под закалку не обязательно.

Предварительная термическая обработка полуфабрикатов стали ВНС-5 рекомендуется подвергать 4-х ступенчатому охрупчивающему отжигу по режимам, представленным в таблице 2 [1].

Сталь ВНС-5 после отжига имеет следующую структуру:

Мартенсит отпуска + карбидная сетка + остаточный аустенит. В таблице 3 представлена твёрдость стали после отжига.

Твёрдость стали после первой ступени отжига должна быть 2,9-3,2 мм (диаметр отпечатка). При значениях твёрдости $\geq 3,2$ мм первую ступень отжига рекомендуется повторить.

Табл. 2. Охрупчивающий отжиг (4 ступени)

1-я ступень:	Нагрев до температуры $780\pm 15^\circ\text{C}$ с выдержкой 14 часов, охлаждение на воздухе обязательно до комнатной температуры. Для болтов время выдержки 6 часов.
2-я ступень:	Нагрев до температуры $580-610^\circ\text{C}\pm 15^\circ\text{C}$ с выдержкой 10 часов, охлаждение на воздухе обязательно до комнатной температуры. Для болтов время выдержки 3 часа.
3-я ступень:	Нагрев до температуры $890\pm 10^\circ\text{C}$ с выдержкой 14 часов, охлаждение на воздухе обязательно до комнатной температуры.
4-я ступень:	Нагрев до температуры $690\pm 10^\circ\text{C}$ с выдержкой 8 часов, охлаждение на воздухе обязательно до комнатной температуры.

Табл. 3 Твёрдость стали ВНС-5 после отжига

По Бринелю HB 10/3000		По Роквеллу HRC	По Винкерсу HV	Временное сопротивление, Н/мм ² (кгс/мм ²)
$d_{омн.}, \text{мм}^2$	Число твёрдости HB, кгс/мм ²			
3,4-3,6 мм	285-321	32-36,5	285-330	980 (100) - 1100 (112)

Обработка холодом

Обработку холодом необходимо производить в холодильных камерах, обеспечивающих заданную температуру. В случае провала прочностных характеристик при обработке холодом при температуре 50-55°C – выдержка 4 часа, обработку холодом необходимо проводить при 50-55°C – выдержка 8 часа или при температуре 70±5°C – выдержка 4 часа.

При обработке холодом детали из-за термических напряжений и структурных превращений могут подвергаться большому короблению, для уменьшения которого рекомендуется:

- обработку холодом производить в зафиксированном состоянии;
- применять принцип выравнивания сечения металлическими накладками;
- в случае необходимости производить горячую правку деталей при температуре отпуска.

Детали из этой стали становятся более прочными после обработки холодом: непрочный аустенит превращается в намного более прочный мартенсит. После процесса обработки остается до 15-30% аустенита, поэтому сталь имеет достаточно высокую вязкость [3].

Старение (отпуск)

Отпуск является основным фактором, который сказывается на конечном значении прочности. При точном соблюдении всех режимов термообработки, перечисленных в типовом технологическом процессе, обеспечивается получение высоких пластических свойств, структурной однородности металла и определенно корреляционной зависимости между твердостью и фактической прочностью в интервале 1400-160 МПа [2].

Контроль

Для контроля качества термической обработки необходимо определить твердость деталей и узлов, а также проверить выполнение всех заданных режимов термообработки. В деталях особо ответственного назначения, помимо твердости, необходимо контролировать также структуру на отсутствие карбидной сетки.

Ответственные детали с толщиной стенки более 30 мм при термообработке должны иметь образец-свидетель в виде темплета для контроля механических свойств, при этом темплет должен иметь толщину, соответствующую максимальной толщине детали. Образцы вырезаются из темплета, который прошел полную термическую обработку вместе с деталью.

Контроль термообработки по структуре проводится после закалки деталей на образцах-свидетелях для установления отсутствия в структуре карбидной сетки.

Детали, образцы-свидетели которых имеют карбидную сетку, подвергаются повторной закалке при той же температуре и с теми же образцами-свидетелями.

Таким образом, во избежание брака деталей необходимо тщательно соблюдать установленные режимы закалки стали ВНС-5. Повышение температуры закалки выше 1070°C может привести к понижению прочностных характеристик стали после полного цикла термообработки, а понижение температуры закалки ниже 1030°C или уменьшение времени выдержки при нагреве под закалку – к образованию в структуре карбидной сетки и охрупчиванию стали. Наличие в структуре термообработанной стали карбидной сетки недопустимо.

Список литературы

1. Сталь 13X15H4AM3-Ш (ЭП310-Ш, ВНС-5-Ш): [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://inzhener-info.ru/razdely/materialy/korrozionnostojkie-i-zharostojkie-stali-i-splavy/korrozionnostojkie-i-zharostojkie-deformiruemye-stali-i-splavy/vysokoprochnye-stali-spetsialnogo-naznacheniya/stal-1kh15n4am3-sh-ep310-sh-vns-5-sh-khromonikelmolibdenovaya.html>.
2. Исследование свойств коррозионностойкой стали для изделий авиационной техники [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=12907>.
3. ЭкспоСпецСталь ЭП310Ш (13X15H4ФМ3-Ш): [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://s-stal.ru/ep310sh-13kh15n4am3-sh>.

References

1. Steel 13X15H4AM3-Ш (ЭП310-Ш, ВНС-5-Ш): [Electronic resource]: Access mode: <https://inzhener-info.ru/razdely/materialy/korrozionnostojkie-i-zharostojkie-stali-i-splavy/korrozionnostojkie-i-zharostojkie-deformiruemye-stali-i-splavy/vysokoprochnye-stali-spetsialnogo-naznacheniya/stal-1kh15n4am3-sh-ep310-sh-vns-5-sh-khromonikelmolibdenovaya.html>.
2. Investigation of the properties of corrosion-resistant steel for aircraft products: [Electronic resource]: Access mode: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=12907>.
3. Expospetsstal 13X15N4AM3-Sh (VNS-5): [Electronic resource]: Access mode: <http://s-stal.ru/ep310sh-13kh15n4am3-sh>.

Синодеева Полина Игоревна – магистрант	Sinodееva Polina Igorevna – master's student
sinodeeva98@bk.ru	

Received 02.11.2022