**УДК 621.785.363 (088.8)**

# ОТЖИГ ХРОМО-НИКЕЛЕВОЙ СТАЛИ ПОД ХОЛОДНУЮ ПЛАСТИЧЕСКУЮ ДЕФОРМАЦИЮ

**Швеёв А.И., Астащенко В.И., Астащенко Т.В., Родькин И.М.**
*(ИНЭКА, г. Набережные Челны, Россия)*
*Факс: (8552)39-66-29; E-mail: Shveev_Andrey222@mail.ru*

***Аннотация.*** *На примере сталей 20ХГНМТА, 15ХГН2ТА и 12ХН3А показана роль химической и структурной неоднородности в формировании свойств термообработанных изделий. Представлены результаты исследования структуры и свойств сталей после различных видов разупрочняющей термической обработки. Предложен способ отжига заготовок для получения низкой твердости и благоприятной структуры стали для деталей изготавливаемых методом холодного выдавливания.*
***Ключевые слова:*** *сталь, пластическая деформация, отжиг, структура, твердость.*

## 1. Введение

Изготовление деталей машин методами холодной пластической деформации (выдавливание, штамповка, высадка и т.д.) позволяет успешно решать вопросы экономии топливно-энергетических и материальных ресурсов. В большинстве случаев коэффициент использования металла превышает 90%, резко снижается или полностью отпадает необходимость в последующей механической обработке, а также формируется благоприятная, и так необходимая для тяжелонагруженных деталей сложной геометрической формы, текстура деформации. К применяемым для холодного выдавливания сталям предъявляются особые требования и в первую очередь по структуре и твердости. Высокая пластичность сталей достигается в случае наличия феррито-перлитной структуры и при твердости не превышающей 150 НВ. При этом в стальных заготовках не допускается присутствие грубопластинчатого перлита, а также структурных составляющих типа бейнит, тростит и мартенсит. Загрязненность оксидами, силикатами, нитридами и др. неметаллическими соединениями не должна превышать 1 балла по ГОСТ1778 при полном отсутствии расслоений, рыхлот, раковин и шлаковых включений [1,2]. Обязательным и доминирующим условием для таких сталей является наличие не менее 80% зернистого перлита в общей доле перлитной составляющей, а размер зерна не должен превышать 30 мкм (≈ 7 балл) [3].

Несмотря на целесообразность и экономическую обоснованность такой технологии трудности при изготовлении деталей все же сохраняются и особенно в случаях если разовая степень деформации стали в холодном состоянии составляет 40% и более. Это вынуждает проводить дробную деформацию с межоперационным отжигом для снятия напряжений и рекристаллизационных процессов, что резко увеличивает расход топливно-энергетических ресурсов, повышает трудоемкость и себестоимость изготавливаемых деталей.

Цель работы – разработка технологии термической обработки, обеспечивающей стабильное формирование благоприятной структуры и свойств низкоуглеродистых легированных сталей под холодную деформацию.

## 2.Основное содержание и результаты работы

Производственный опыт и лабораторные исследования показали, что трудности в достижении требуемых свойств стали под холодное выдавливание связаны со значительным колебанием содержания химических элементов даже в пределах марочного состава, а также неоднородностью строения сплава, объясняемого различием способов

выплавки, раскисления и разливки стали. Так, в случае использования металлолома при выплавке стали происходит наследование химических элементов неучитываемых нормативными документами, но оказывающих существенное влияние на устойчивость аустенита при его распаде на феррито-цементную смесь и сфероидизацию карбидной фазы.

Статическим анализом ряда машиностроительных сталей используемых в автомобилестроении, таких как 20ХГНМТА, 15ХГН2ТА и 12ХН3А, установлено, что колебания по содержанию только обязательных химических элементов достигает 3 и более раз (табл.1). Широко применяемый способ термической обработки таких сталей не обеспечивает стабильного получения рекомендуемой структуры и твердости заготовок под холодную пластическую деформацию. Примером может служить значительное колебание по твердости стали 12ХН3А после отжига, несмотря на ее соответствие по содержанию химических элементов марочному составу (рис.1).

Немаловажная роль в формировании свойств отводится химической и структурной микронеоднородности и другим ликвационным проявлениям, наследуемым стальными заготовками от технологий металлургического производства – раскисления, кристаллизации и т.д.

Таблица 1. Колебания химического состава сталей

| Марка стали | | Величина колебания химического элемента ($K_{max}/K_{min}$), раз | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Cr | Si | Ni | Mo | Ti | S | P | Cu |
| 20ХГНМТА (294 плавки) | 1,41 | 1,19 | 1,39 | 2,00 | 1,37 | 1,42 | 4,00 | 13,10 | 1,82 | - |
| 15ХГН2ТА (312 плавок) | 2,05 | 1,69 | 1,67 | 3,00 | 1,37 | 5,21 | 2,92 | 3,00 | 1,67 | - |
| 12ХН3А (174 плавки) | 2,00 | 1,67 | 1,42 | 1,94 | 1,31 | 2,14 | 2,00 | 2,80 | 1,75 | 2,50 |

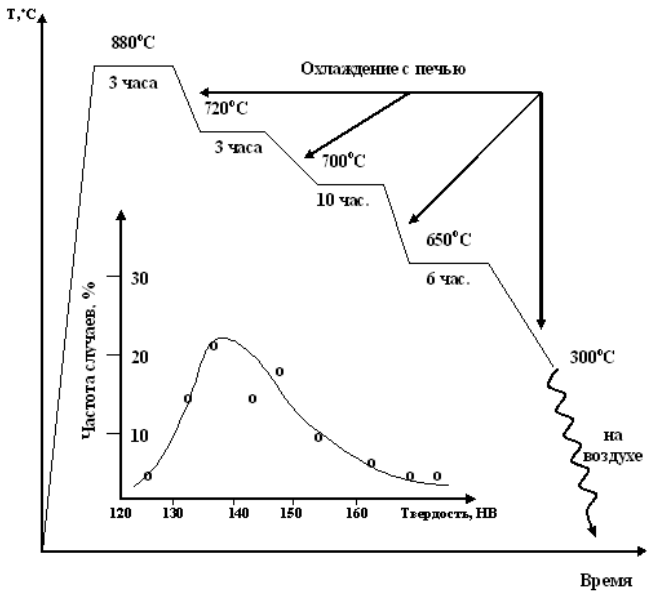



Рис. 1. Твердость стали 12ХН3А после отжига по указанной схеме. Количество плавок – 174

Для многих марок сталей такого рода ликвации неизбежны. Они создают различную степень легированности, а соответственно и устойчивости аустенита в микрообъемах. На рисунке 2 представлена микроструктура стали 20ХГНМТА после изотермического отжига заготовок, на которой просматривается явно выраженное присутствие мартенситной составляющей на фоне феррито-перлитной структуры. Вышеизложенные факты свидетельствуют о необходимости комплексного подхода к решению задачи при разработке разупрочняющей технологии учитывающей не только колебания химических элементов в пределах марочного состава, но и ликвационные проявления в отдельно взятых плавках стали [4].

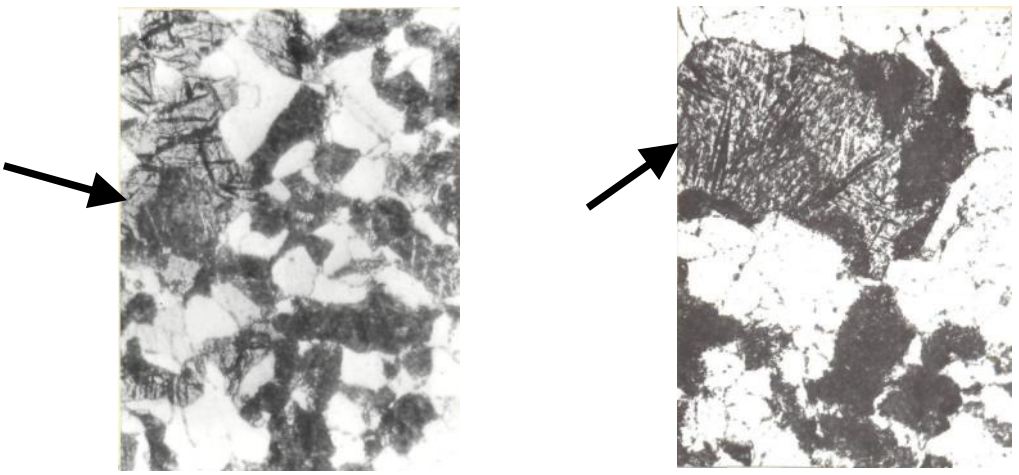


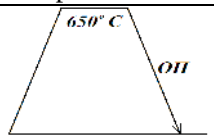
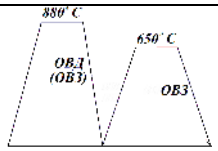
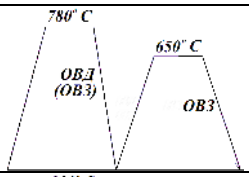
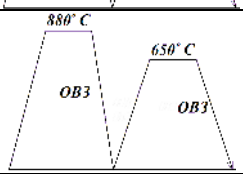
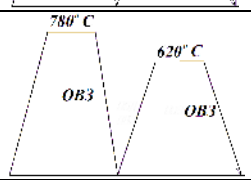
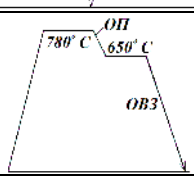
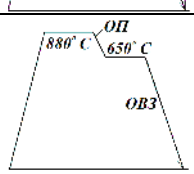
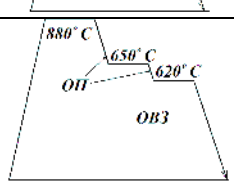
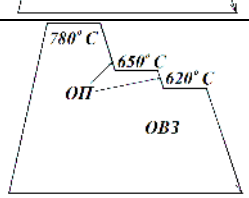
Рис.2 Микроструктура стали после отжига с присутствием мартенситной составляющей. × 500

В таблице 2 представлены результаты исследования свойств стали 12ХН3А после различных видов термообработки. В исходном состоянии твердость стали составляла 187 НВ, размер зерна соответствовал 0,042÷0,060 мм (≈5-6 балл по ГОСТ 5639). Выявлено, что отжиг стали при 650°С несколько снизил твердость и частично обеспечил сфероидизацию цементита. При температуре аустенитизации 880°С стабильно наблюдается мелкозернистое строение стали. Дальнейшее повышение температуры вызывает рост зерна как в стали 12ХН3А, так и в других исследуемых сталях (рис.3). Наибольшую сопротивляемость к перегреву показали стали легированные тугоплавкими элементами – молибденом и титаном.

Условия охлаждения после аустенитизации оказывают влияние на твердость стали после ее высокотемпературного отпуска. Более высокие значения твердости наблюдаются на стали предварительно прошедшей охлаждение в воде после аустенитизации. Охлаждение стали на воздухе или вместе с печью показали ее идентичную твердость – в пределах 159 НВ.

Из приведенных видов термообработки предпочтение отдается изотермическому отжигу. Наилучшие результаты по контролируемым показателям (твердости, размеру зерна и морфологии перлитной составляющей) получены при температуре аустенитизации 880°С и последующей выдержке для распада переохлажденного аустенита не при постоянной, а при двухступенчатом изменении температуры (табл.2, режим 8).

*Таблица 2. Свойства стали 12ХН3А после различных видов термообработки*

| номер режима | Схема термической обработки | Микроструктура | Размер зерна, мм | Твердость, НВ |
|---|---|---|---|---|
| 1. |  | П+Ф<br>$П_{зерн}$ <40%<br>$П_{с}$<40% | 0,042-0,060 | 166-170 |
| 2. |  | П+Ф<br>$П_{зерн}$ <80% | 0,017-0,026 | 187 (159) |
| 3. |  | П+Ф<br>$П_{зерн}$ <80% | 0,018-0,069 | 197 (143) |
| 4. |  | П+Ф<br>$П_{зерн}$ <80% | 0,017-0,028 | 159 |
| 5. |  | П+Ф<br>$П_{зерн}$ <80% | 0,021-0,067 | 159 |
| 6. |  | П+Ф<br>$П_{зерн}$ >80% | 0,019-0,064 | 149-153 |
| 7. |  | П+Ф<br>$П_{зерн}$ >80% | 0,016-0,022 | 149-153 |
| 8. |  | П+Ф<br>$П_{зерн}$ >85% | 0,014-0,021 | 146-149 |
| 9. |  | П+Ф<br>$П_{зерн}$ >85% | 0,017-0,038 | 146-149 |

*Обозначение: Охлаждение с печью (ОП), в воде (ОВЗ), на воздухе (ОВЗ), П-перлит, Ф-феррит, Пзерн. – перлит зернистый, $П_{с}$- перлит сорбитообразный*

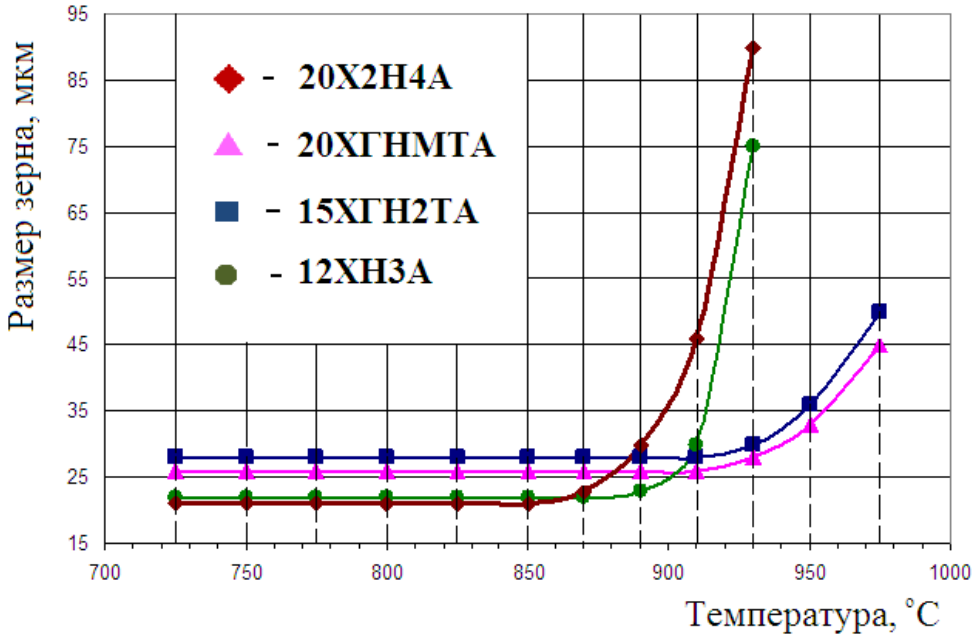



Рис.3 Температурная зависимость роста зерна в стали

Обоснованность такой технологии для стали 12ХН3А подтверждается получением мелкозернистого строения, низкой твердостью и полным завершением распада аустенита на феррито-цементную смесь и сфероидизации карбидов независимо от колебания химических элементов и ликвационных проявлений в стали. Для наследственно мелкозернистых сталей и легированных такими элементами как титан, вольфрам, молибден и ниобий допустимо повышение температуры аустенитизации до 930°С, что сохранит их мелкозернистое строение и обеспечит сокращение длительности обработки.

Внедрение данной технологии термообработки стали при изготовлении поршневых пальцев ДВС (рис.4) показала свою экономичность и технологичность. Из предварительно термообработанных заготовок методом холодного выдавливания получены высококачественные детали с минимальным припуском на механическую обработку.

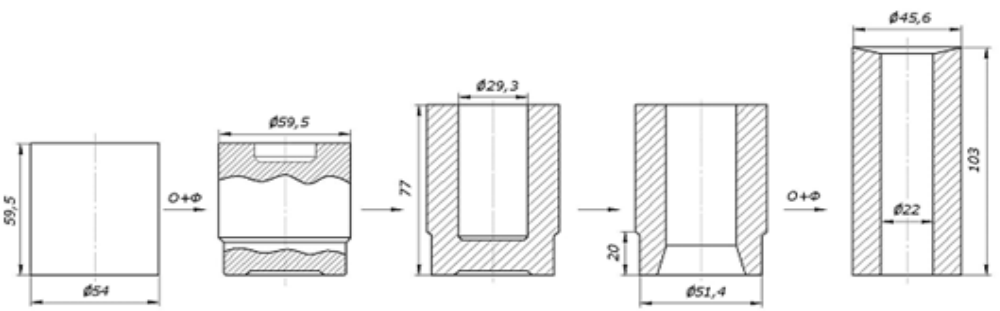



Рис.4 Схема технологии изготовления поршневых пальцев ДВС и межоперационного отжига заготовок из стали 12ХН3А. Обозначения: О – отжиг, Ф – фосфатирование

**3. Заключение**

1. Исследована структура и свойства хромо-никелевой стали после различных видов разупрочняющей термической обработки. Благоприятное структурное состояние и твердость стальных заготовок под холодную пластическую деформацию достигаются после отжига при строгом регламентировании температурного режима.
2. Предложен ускоренный способ отжига заготовок из стали 12ХН3А, включающий аустенитизацию при 880°С, охлаждение до 680°С и последующую обязательную двухчасовую выдержку при температурах 650°С и 620°С.
3. Технология отжига внедрена для стальных заготовок при изготовлении поршневых пальцев методом холодного выдавливания.

**Список литературы: 1.** Долженков И.И. Сфероидизация карбидов в стали. М.: Металлургия, 1984. **2.** Бернштейн М.Л., Курдюмов Г.В., Меськин [и др.] Материаловедение и термическая обработка/Под. ред. Рахштадта А.Г. том 1-й.-М.: ИНТЕРМЕТ Инжиринг, 2005.- 527с. **3.** Майстренко В.В., Мусин Р.А., Галиахметов Т.Ш. Перспективные требования к сталям для холодной объемной штамповки//Кузнечно-штамповочное производство и ОМД, 2006.- №1.- с.31-34. **4.** Астащенко В.И. Технологические методы управления структурообразованием стали при производстве деталей машин./Астащенко В.И., Шибаков В.Г.-М.: Academia, 2006.- 328с.

Надійшла до редколегії 17.05.2010 р.

**THE ROASTING THE Cr-Ni STEEL UNDER THE COLD PLASTIC DEFORMATION**

**Shveyov A.I., Astashchenko V.I., Astashchenko T.V., Rodkin I.M.**
**(INEKA, Nab.Chelny, Russia)**

*On an example of steels 20XGNMTA, 15XGN2TA and 12XN3A the role of chemical and structural heterogeneity in formation of properties of the thermoprocessed products is shown. Results of research of structure and properties of steels after various kinds strengthen thermal presented. The way roasting preparations for reception of low hardness and favorable structure of a steel for the details made by a method of cold expression is offered.*

***Key words:*** *steel, plastic deformation, отжиг, structure, hardness.*