

11. Качество низколегированной стали для производства канатов / С.И. Шаповалов, В.И. Алимов, Н.И. Покровков и др. // Бюлл. «Черная металлургия». — 1977. — № 2. — С. 41–53.
12. Проволока из стали 65Г для износостойких канатов / С.И. Шаповалов, В.И. Алимов, Н.В. Протопопова и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. — 1977. — № 3. — С. 22–23.
13. Шаповалов С.И., Алимов В.И., Иванов А.М. Сравнительные свойства углеродистых и марганцовистых канатов для шахтного подъема // Уголь Украины. — 1978. — № 7. — С. 41–42.
14. Алимов В.И., Штыхно А.П., Жилина С.Е. Распад аустенита в деформированной изгибом стали // Известия вузов. Черная металлургия. — 1986. — № 7. — С. 155–156.
15. А.с. № 1291613 (СССР), МКИ С 21Д 9/56. Агрегат для термической обработки стальной проволоки / В.И. Алимов, В.Н. Данченко, А.В. Березин, А.Н. Петрова. (СССР). — 4с.
16. Клемм М. Образование мартенсита в сердцевине стальной катанки, подвергнутой воздушному патентированию // Черные металлы. — 1984. — № 16. — С. 24–31.
17. Yuhua T. Hot water quenching of wires // The wire industry. — 1989. — V. 158. — № 2. — P. 86–92.
18. Nagyszi lazdsagu acelhuzalos, gyartase polivinilalkoholos rizpatehtozassal / Grentter Istvan, Kazoly Gynlane, Liptak Andor, Rodonyi Andor // Banyasz es kohasz. Lap. Rohasz. — 1990. — 123, № 10, — P. 460–464.
19. Алимов В.И., Белосветов В.В., Максаков А.И. Сорбитизация катанки из углеродистой стали с отдельного нагрева // Известия вузов. Черная металлургия. — 1987. — № 6. — С. 155.
20. Попова Л.Е., Повов А.А. Диаграммы превращения аустенита в сталях и бета-раствора в сплавах титана: Справочник термиста. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургия. — 1991. — 503 с.
21. Шаповалов С.И., Алимов В.И. Влияние высокотемпературной аустенитизации на изотермический распад углеродистой стали // Известия вузов. Черная металлургия. — 1972. — № 9. — С. 130–131.
22. Шаповалов С.И., Алимов В.И. Влияние температуры аустенитизации на изотермический распад углеродистой стали // Известия вузов. Черная металлургия. — 1974. — № 8. — С. 86–89.
23. Алимов В.И., Оноприенко В.Г., Гапоненко О.В. Об оценке локальной твердости во взаимодействующей системе «инструмент — заготовка» // БУ ВИНТИ «Депонированные научные работы». — 1988. — № 2. — С. 196.

© Алимов В.И., 1999.

## ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ СТАЛИ У8 ПОСЛЕ ГИДРОПРЕССОВАНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

ГОРБАТЕНКО В.П., ПОЗНЯК Е.Р., РЫЖИКОВ А.А. (ДОНГТУ)

*Установлено, что в результате пластической деформации гидропрессованием происходят специфические изменения структуры стали У8, которые сказываются и при последующей термической обработке, что влечет за собой изменение физико-механических свойств стали*

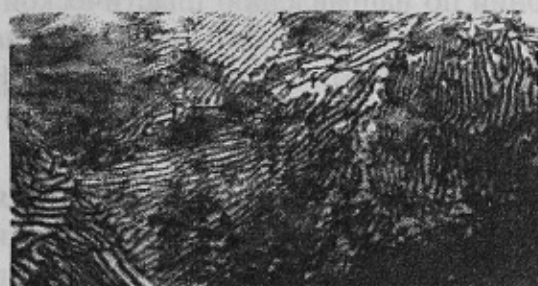
Гидропрессование приводит к формированию специфической субструктуры, отличающейся от образовавшейся в результате традиционной деформации [1]. Направленное изменение структуры и свойств стали при совместном влиянии деформации гидропрессованием и последующей термической обработки является актуальной задачей современного развития металлообработки, так как является ресурсосберегающей при производстве стальных изделий. Реализуя необходимые параметры деформации гидропрессованием, при последующей термической обработке стали, можно обеспечить дополнительное (наследственное) упрочнение изделий [2–3].

Целью данной работы является исследование структурных изменений стали У8, вызванных деформацией гидропрессованием, при последующей термической обработке.

Исследования проводили на горячекатаных образцах из стали У8 марочного состава. Гидропрессование осуществляли на установке УВД-125, в качестве рабочей жидкости использовали индустриальное масло И-20. Степень деформации образцов составила 6–50%. После гидропрессования на образцах диаметром 14 мм и высотой 15–20 мм проводили следующую термическую обработку:

- отжиг с нагревом до температуры 780°C, время выдержки 30 мин;
- закалку от 780°C с охлаждением в воде+отпуск (200°C, время выдержки 30 мин)
- охлаждение на воздухе. Изучение структуры стали У8 проводили на микроскопе «НЕОРНОТ-21» при увеличении  $\times 1000$  и электронном микроскопе «JEM-200В» при ускоряющем напряжении 200 кВ на металлических фольгах. Твердость стали измеряли на твердомере Роквелла, микротвердость измеряли на приборе ПМТ-3 с нагрузкой 2Н.

На рисунке 1 представлена микроструктура стали У8 гидропрессованной с различными степенями. В исходном горячекатаном состоянии в стали преобладает пластинчатый перлит (рисунок 1, а).



а



г



б



д



в



е

**Рисунок 1** – Микроструктура стали У8 после гидропрессования (а–в) и последующего отжига (г–е),  $\times 1000$ ; а, г — недеформированный; б, д —  $\epsilon=25\%$ ; в, е —  $\epsilon=50\%$

Деформация гидропрессованием приводит к существенному изменению микроструктуры стали У8. При малых степенях деформации (до 20%) в стали со струк-

турой пластинчатого перлита начинается формоизменение пластин цементита, прежде всего, их изгиб. Появляются «завихрения» в пределах целых перлитных колоний.

С увеличением степени деформации «завихрения» становятся более локальными (рисунок 1, б). Гидропрессование приводит также к дроблению цементитных пластин на части, «осколки» цементитных пластин начинают приобретать линзовидную и близкую к сферической форму (рисунок 1, б, в). Это может быть связано с интенсификацией процессов растворения цементита у краев «осколков» цементитных пластин и, возможно, с эффектом «механического скругления» их острых кромок при контакте друг с другом в специфических условиях деформирования гидропрессованием.

С повышением степени деформации до 50% в стали протекает дальнейшая фрагментация наряду с пластинчатыми «остовами» обнаруживается большое количество сфероидов цементита (рисунок 1, в). Вероятно, гидропрессование способствует развороту и ориентации перлитных колоний по направлению пластической деформации, тем самым в микроструктуре гидропрессованной стали, наряду с участками дробленных цементитных пластин, имеющих в сечении шлифа округлую форму, присутствуют участки вертикального выхода развернутых по направлению деформации перлитных колоний.

Деформация гидропрессованием и последующий отжиг стали У8 приводят к получению в ней более дисперсной структуры перлита, причем после деформации со степенью 25% эта структура характеризуется наибольшей плотностью и степенью однородности в пределах перлитных колоний и участков, сформировавшихся из одного исходного аустенитного зерна (рисунок 1, з, е), что обеспечивает получение максимума твердости (рисунок 2, а). Дальнейшее повышение степени деформации до 30–50% приводит к появлению участков «разреженного» перлита, что может быть причиной наблюдаемого некоторого уменьшения твердости (рисунок 2, а), которое остается все же заметно выше таковой после отжига недеформированной стали. С повышением степени деформации гидропрессованием наблюдается тенденция к повышению и микротвердости перлита отожженной стали (рисунок 2, б).

При закалке гидропрессованной стали У8 формируется структура мартенситного типа, причем, повышение степени деформации до 25% происходит упрочнение мартенсита (рисунок 2, з), очевидно, связанное с его субструктурным упрочнением из-за наследования дефектов кристаллического строения при  $\alpha - \gamma - \alpha$  превращениях. Повышение степени деформации до 50% приводит к некоторому уменьшению микротвердости мартенсита (рисунок 2, з). Однако в гидропрессованной стали микротвердость мартенсита остается выше, чем в стали, не подвергавшейся гидропрессованию. Такое снижение микротвердости при больших степенях деформации может быть связано с более интенсивным развитием процессов разупрочнения в аустените, образовавшемся при нагреве и выдержке гидропрессованной стали с высокой плотностью дефектов кристаллического строения.

Однако, повышение степени предварительной деформации (ε) гидропрессованием приводит к росту зерна аустенита, нагретой под термическую обработку стали. Это иллюстрируют приведенные ниже данные:

- горячекатаная сталь — размер аустенитного зерна  $11,8 \pm 0,2$  мкм;
- ε=25% — размер аустенитного зерна  $11,6 \pm 0,3$  мкм;
- ε=50% — размер аустенитного зерна  $11,0 \pm 0,2$  мкм.

Проведение отпуска при 200°C после закалки приводит к тому, что микроструктура недеформированной стали является весьма дисперсной и неоднородной

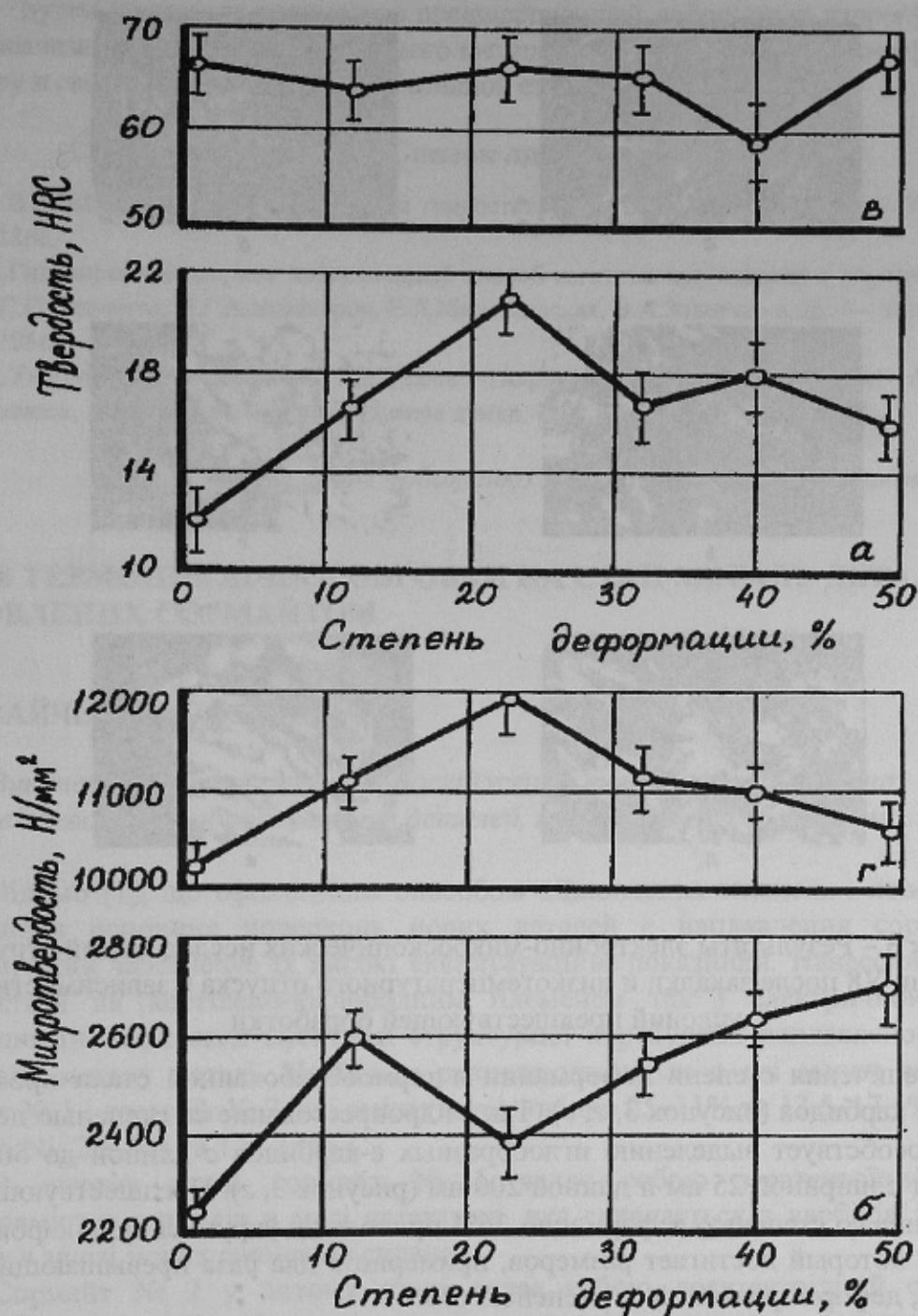
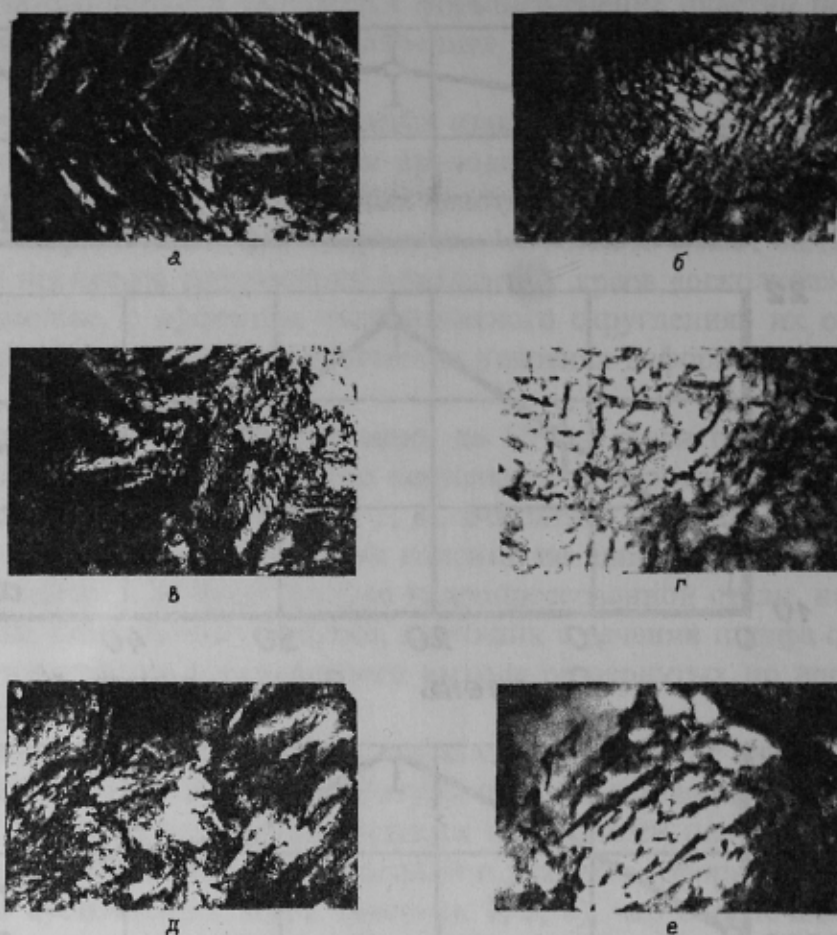


Рисунок 2 – Изменение твердости (а, в) и микротвердости (б, г) стали У8 после гидропрессования с различными степенями: а, б — недеформированный; в, г —  $\epsilon=6\%$ ; в, е —  $\epsilon=36\%$ ; а, в —  $\times 10000$ ; д —  $\times 20000$ ; б, г, е —  $\times 40000$

(рисунок 3, а). Фазы имеют игольчатую форму и, судя по анализу электронограмм, к ним относятся: мартенсит, аустенит и  $\epsilon$ -карбид. Промежуточный карбид выделяется в виде очень тонких стержней (рисунок 3, б), толщина которых около 5 нм при длине около 50 нм.

Предшествующая деформация гидропрессованием со степенями 6 и 36% не вносит изменений в фазовый состав закаленной и отпущенной стали (рисунок 3, в, д), однако, гидропрессование вносит существенное изменение в морфологию карбидов. Они выделяются не только в виде тонких игл, но и в виде тонких лент. Причем



**Рисунок 3** – Результаты электронно-микроскопических исследований структуры стали У8 после закалки и низкотемпературного отпуска в зависимости от условий предшествующей обработки

по мере увеличения степени деформации в термообработанной стали происходит укрупнение карбидов (рисунок 3, *г, е*). Так, гидропрессование со степенью деформации 6% способствует выделению иглообразных  $\epsilon$ -карбидов с длиной до 500 нм и тонких лент с шириной 25 нм и длиной 200 нм (рисунок 3, *г*). Предшествующее гидропрессование со степенью деформации 36% приводит к укрупнению  $\epsilon$ -карбида (рисунок 3, *е*), который достигает размеров, примерно в два раза превышающих такие в стали, деформированной со степенью 6%.

Повышение степени предшествующей деформации гидропрессованием приводит к повышению микротвердости мартенсита отпуска в гидропрессованной стали на 25%.

Таким образом:

- гидропрессование приводит к изменению строения перлита стали У8, в частности, к искривлению и дроблению цементитных пластин и изменению формы фрагментов этих пластин;
- гидропрессование способствует росту твердости и микротвердости деформированной с различными степенями и термически обработанной стали У8;
- гидропрессование вносит существенное изменение в морфологию карбидов закаленной и отпущенной стали У8;

— путем изменения параметров предшествующей деформации гидропрессованием за счет реализации эффектов структурного наследования можно направленно формировать структуру и свойства термически обработанной стали.

### Список литературы

1. В.И.Зайцев. Физика пластичности гидростатически сжатых кристаллов. — Киев: Техніка, 1983. — 186с.
2. Гидропрессование, как малоотходный способ изготовления изделий с улучшенными свойствами / С.С.Дьяченко, Н.Г.Александров, Е.Л.Милославская, В.А.Золотко и др. — Харьков: Основа, 1991. — 105с.
3. Упрочнение материалов методами гидропрессования/ К.В.Волков, А.И.Капустин, В.З.Спусканюк, А.Ф.Черный. — Киев: Наукова думка, 1991. — 200с.

© Горбатенко В.П., Позняк Е.Р., Рыжиков А.А., 1999.

## **ВПЛИВ ТЕРМОЦИКЛІЧНОЇ ОБРОБКИ НА СТАН МЕТАЛУ ДЕТАЛЕЙ, ВІДНОВЛЕНИХ СОРМАЙТОМ**

КОРОВАЙЧЕНКО Ю.М. (КДТУ)

*Виконані експериментальні дослідження впливу термоциклічної обробки на ударну в'язкість та обробляємість деталей, які відновлені сормайттом.*

Відомо [1], що ефективним способом відновлення зношених поверхонь, або покращання основних поверхонь нових деталей є наплавлення сормайттом — сплавом, який забезпечує їх високі експлуатаційні показники. Нанесення сормайту виконується як ацетилено-кислородним пломенем так і електричною дугою з відповідними тепловими ефектами структурної перебудови наплавленого металу і основного металу деталі. Найбільш розповсюдженими є дві марки сормайту — сормайт № 1 і сормайт № 2, які вмістять відповідно 25–31% та 13,5–17,5% Cr; 3–5 та 1,5–2,5% Ni; 2,5–3,3 та 1,5–2,0% C.

В литому стані сормайт № 1 являє собою заевтектоїдний сплав з залізохромістких карбідів в масі евтектики, яка складається з карбідів та твердого розчину в залізі інших елементів сплаву.

Сормайт № 2 у литому стані являє собою доевтектоїдний сплав, який складається з карбідної евтектики і дендритів складного твердого розчину (аустеніту).

Сормайт № 1 використовують для зміцнення поверхонь деталей з високими вимогами до зносостійкості при відсутності ударних навантажень та складної конфігурації; сормайт № 2 — для деталей які працюють при ударних навантаженнях, при цьому наплавленню піддають як сталеві так і чавунні деталі. Найбільш якісні покриття отримують при наплавленні вуглецевих та низьколегованих хромістких сталей.

Практика використання таких наплавок показала, що товщина наплавленого шару сормайту № 1 повинна знаходитись у межах 0,5–3,0 мм, і лише в обґрунтованих випадках 4,0–5,0 мм, а товщина наплавленого шару сормайту № 2 — 1,5–3,5 мм ( в окремих випадках до 7–10 мм).