

ки, которые подвергали термической обработке по следующему режиму: нагрев 920...930 °С в течении 7 часов проводили в газовой печи СШЦМ-6,6/9,34, в которую через 30 минут после загрузки заготовок подавали керосин в количестве 100...120 капель в минуту. Отпуск проводили при 200 С твердость валков и образцов - свидетелей после окончательной термообработки составила 68...71 НСД.

Микроструктура металла после термообработки на глубину до 1,1 мм состояла из мертенсита отпуска, а сердцевина - сорбит.

Наблюдения по ходу эксплуатации показали, что опытные валки работают удовлетворительно, качество производимого проката хорошее. Кроме того, в ходе проведения эксплуатационных испытаний было установлено, что стойкость валков отлитых методом ЭШП в 1,3 раза выше по сравнению с валками из ковальной стали 35 ХГСА.

Учитывая тот факт, что сталь 35 ХГСАШ показала более высокую эксплуатационную стойкость по сравнению с ковальной сталью 35 ХГСА, а также наличие сходства конструктивных параметров валков с парами зацепления следует признать целесообразным изготовление зубчатых силовых передач из стали электрошлакового переплава с рекомендуемой технологией термообработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Л.Д. Часовников. Передачи зацеплением. - М.: Машиностроение, 1969 г. - 487 с.
2. Предотвращение трещинообразования на слитках стали 30 ХГСА электрошлакового переплава. /Е.И. Тюрик, А.Е. Рубченко, С.М. Поломская и др. //Сталь. - 1982. - N 8 с. 45-48

УДК - 669.715.621.43.032.004:67

Т.С. СКОБЛО, доктор техн. наук, А.И. СИДАШЕНКО, А.А. НАУМЕНКО, кандидаты техн. наук, А.Д. МАРТЫНЕНКО, инженер, В.И. ИВАНОВ, канд. техн. наук

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СКЛОННОСТЬ К ГРАФИТИЗАЦИИ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ

Детали из высокоуглеродистых сплавов, как правило, эксплуатируются в условиях трения, воздействия больших удельных давлений, повышенных температур. Такие условия эксплуатации приводят к существенным структурным изменениям - фазовым превращениям, графитизации, изменению дислокационной структуры и развитию повреждаемости.

Чем ниже концентрация углерода, тем мельче включение карбидной фазы и труднее оценить кинетику развития структурных изменений этой наиболее важной составляющей. Поэтому для детального изучения кинети-

тики развития процессов целесообразно проанализировать поведение карбидной фазы в сплавах с повышенной концентрацией углерода $\gamma > 2,5 \%$. В этих сплавах доля карбидной фазы достигает $> 15 \%$. Пластическая деформация и последующая термическая обработка способны активизировать графитизацию высокоуглеродистого сплава.

В литературе сведения по этому вопросу весьма ограничены, поэтому выяснение влияния схемы деформации и состава сплава на механизм графитизации является важным, определяющим стабильную работу деталей.

Изучение механизма графитизации проводили на сплавах следующего химического состава (таблица 1).

Серией экспериментов была проведена оценка влияния высокотемпературной пластической деформации на графитизацию.

Размер образцов составлял $l = 30$ мм, $d = 15$ мм. Нагрев образцов осуществляли в камерной электропечи до температур 850 и 1050 °С. Образцы осаживали на кулачковом пластометре на величину деформации равной 50 % с разным числом промежуточных подогревов и дробностью деформации, а также проводили ковку образцов на молоте «вытяжку» до величины укова равной 6 с различным числом промежуточных подогревов.

Число центров графитизации определяли методом секунных [1].

Данные по влиянию химических элементов и условий деформации при осадке на графитизацию сплава приведены в табл. 2.

Результаты эксперимента, приведенные в таблице 2, иллюстрируют влияние химического состава, температуры и дробности деформации на графитизацию.

Таблица 1

Химический состав исследуемых сплавов

Усл. № пл.	Усредненный базовый состав чугуна, %				Основной химический состав, %				
	Si	Mn	P	S	C	Cr	Ni	V	Mo
1.					2,5	0,1	0,01	0,50	--
2.	0,5	0,5	0,02	0,015	"	"	0,55	0,01	--
3.					"	"	0,01		0,47
4.					"	1,5	0,01	0,49	--
5.	0,5	0,5	0,02	0,015	"	"	0,55	0,02	--
6.					"	"	0,01	0,01	0,50
7.					3,2	1,5	0,01	0,45	--
8.	0,5	0,5	0,02	0,015	"	"	0,56	0,01	--
9.					"	"	0,01	0,05	0,51
10.					"	"	0,62	0,41	--
11.	0,5	0,5	0,02	0,015	"	"	0,63	0,01	0,43
12.					"	"	0,01	0,50	0,45
13.					"	"	0,50	0,40	0,43

Таблица 2

Количество графитных включений при разных условиях деформации

Усл. № пл.	Количество графитных включений в % в зависимости от условий деформаций			
	Разовая осадка при 850 °С на 50 %	2-х кратная осадка при 850°С с подогревом	Разовая осадка при 1050 °С на 50 %	2-х кратная осадка при 1050°С с подогревом
1.	0,45	1,43	1,20	2,03
2.	0,85	2,35	1,40	2,60
3.	0,70	2,17	1,65	2,65
4.	0,40	1,10	0,78	1,40
5.	0,58	1,48	1,22	1,70
6.	0,60	1,73	1,30	2,10
7.	0,35	0,60	0,38	0,98
8.	0,42	0,70	0,56	1,20
9.	0,35	0,78	0,53	0,90
10.	0,40	1,06	0,64	1,60
11.	0,60	1,43	1,26	1,90
12.	0,60	1,39	1,25	1,88
13.	0,49	1,30	0,78	1,70

При 2-х кратных нагревах с промежуточным подогревом и дробностью деформации повышается склонность к графитизации у сплавов во всех рассмотренных случаях почти в 2 раза.

С повышением содержания карбидообразующих элементов /ванадия и хрома/ влияние деформации на графитизацию снижается. Так, увеличение концентрации хрома до 1,5 % при дробной деформации и кратном нагреве почти в 1,5-2 раза уменьшает склонность к графитизации.

Повышение содержания никеля увеличивает общее число графитовых включений в плавках, не содержащих карбидообразующих элементов, а в последних его действие подавляется влиянием хрома и ванадия.

Одновременно установлено, что графитизация проявляется тем сильнее, чем выше температура пластической деформации образцов.

Дополнительно изучали процессы графитизации после деформации - осадки и последующей термообработки.

Исследованием микроструктуры показано, что закалка сплава после предварительной деформации существенно интенсифицирует процесс графитизации.

Изучением структурных изменений при деформации - вытяжки литых заготовок показано, что характерной особенностью структуры после вытяжки является наличие надрывов на цементитных кристаллах и участках, охватывающих перлитную составляющую.

Результаты проведенных экспериментов позволили объяснить различия в механических свойствах чугуна после пластической деформации, на которое, очевидно, графитизация оказывает существенное влияние.

Таблица 3

Механические свойства после разных вариантов деформации

Свойства	Схема деформации								
	Осадка			Вытяжка			Осадка и вытяжка		
	Кратность нагретов и деформаций								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Предел прочности при растяжении, кг/мм ²	88	73	66	95	90	79	70	62	58
Ударная вязкость, кгм/см ²	1,2	0,8	0,5	2,3	1,3	0,8	0,7	0,5	0,35
Твердость, НВ	410	405	390	410	405	390	300	387	370
Количество графитовых включений, %	0,2	0,8	1,9	--	0,4	0,9	0,15	1,7	2,3

Сопоставление механических свойств после разных вариантов деформации, при дробном нагреве приведены в табл. 3.

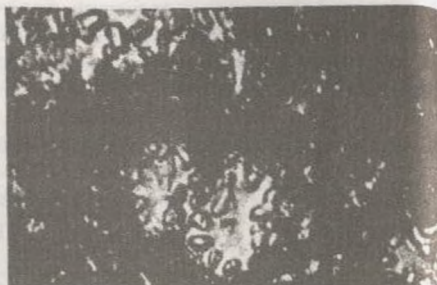
Полученные результаты показывают, что интенсивность графитизации зависит от способа деформации заготовок. Показано, что в случае деформации вытяжкой графитизация минимальная и уровень механических свойств изменяется незначительно. Режим деформации осадкой с последующей вытяжкой способствует более интенсивному образованию зародышей графита, вследствие чего уровень механических свойств существенно понижается, причем интенсивнее по мере нарастания дробности деформации и кратности нагревов.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о значимости влияния условий пластической деформации на графитизацию, а также о существенной роли графитизации в формировании уровня механических свойств.

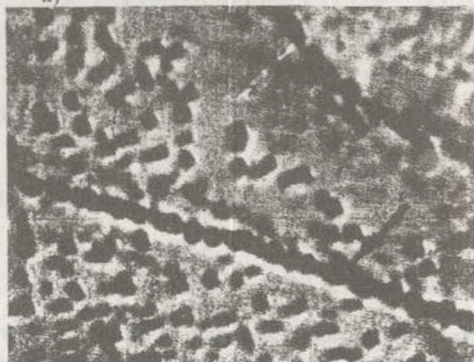
Изучение механизма графитизации производили после вакуумного травления, а о ходе графитизации судили по данным микроструктурного анализа. Дополнительно при разных температурах проводили исследования тонкой структуры цементита.



а)



б)



в)

Рис. 1 Выделение графитовых включений на ямках травления, /вакуумное травление при разряжении $13,3 \times 10^{-3}$ Па и температуре $T = 600^\circ\text{C}$ /, при выдержке T - часов.
 а - единичные выделения $\times 4800$; $T = 0,5$ ч.; б - выделения на поверхности $\times 300$; $T = 2$ ч.; в - выделения на дислокационной стенке $\times 4800$; $T = 1$ ч

Проведенным исследованием установлено, что при температуре $600-650^\circ\text{C}$ и выдержке $1,5-2,0$ ч на ямках травления, расположенных как внутри зерна, так и по границам, наблюдается появление мелких графитовых выделений (рис. 1).

Характерно, что чем выше температура нагрева, тем больше возникает графитовых включений, особенно по границам цементитных кристаллов и вокруг неметаллических включений. При температуре 800°C и выдержке 1 ч удавалось наблюдать почти полное покрытие цементитных кристаллов графитовыми выделениями за исключением участков, свободных от фигур травления.

Анализ рассмотренных закономерностей может найти объяснение

при условии выделения графита на дислокациях. Действительно с увеличением плотности дислокаций, как правило, ускоряется графитизация.

Определенный интерес представляют результаты по графитизирующему отжигу, при котором наблюдали формирование полигонизированных структур, когда ямки травления образовали цепочки, ориентированные вдоль соответствующих кристаллических направлений. В этом случае удавалось выявить образования зародышей графита не только по границам зерен, но и в местах с наибольшей плотностью дислокаций - на дислокационных стенках.

Выделения графита сопровождалось увеличением размеров фигур травления на цементитных кристаллах ориентировочно в 2 раза, и как следствие - появлением рельефа.

С увеличением продолжительности отжига графитовые включения почти полностью заполняют фигуры травления. При этом наибольшее число образующихся включений проявляют тенденцию к выделению в виде округлой формы.

Изменение химического состава чугуна влечет за собой не только изменения структуры и свойств, но и склонности его к графитизации в процессе пластической деформации и термической обработки.

Одним из факторов, сильно воздействующих на устойчивость карбидной фазы, является хром, а остальные легирующие элементы (никель, молибден, ванадий) на порядок ниже. При оценке параметров отжига на интенсивность распада цементита в деформированных высокоуглеродистых сплавах установлено преобладающее влияние на распад цементита способа охлаждения и длительности выдержки при отжиге.

Результаты свидетельствуют, что после отжига цементит практически исчезает через 9-10 ч у сплавов, содержащих до 1,25 % кремния, а при 1,75 % кремния - через 3-5 ч.

Микроструктурный анализ показал, что с увеличением содержания кремния, а также времени выдержки происходит интенсификация процессов графитизации. По мере увеличения времени выдержки графит приобретает своеобразную форму колоний.

Таким образом, интенсивность графитизации определяется как условиями высокотемпературной деформации, так и химическим составом чугуна, а также параметрами отжига, что очень важно учитывать при выборе химического состава сплава при восстановлении деталей и способа обработки.

ВЫВОДЫ

1. При однофазовой деформации графитизация не велика и отмечается в сплавах с минимальным содержанием карбидообразующих элементов (особенно хрома)

2. Увеличение кратности нагревов и деформаций увеличивает склонность сплава к графитизации.

3. Интенсивность графитизации определяется условиями высоко-температурной деформации, химическим составом сплава и параметрами отжига (длительность выдержки и способ охлаждения).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Салтыков С. А. Стереометрическая металлография. - М.: Металлургия, 1976. - 270 с.

УДК 621.791.763

А. В. ТИХОНОВ, В. А. БАНТКОВСКИЙ инженеры, БИФЮКОВ А. В. студент

КОНТРОЛЬ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСА СВАРОЧНОГО ТОКА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ СВАРКОЙ *)

Точность воспроизведения параметров режима сварочного тока при электроконтактной сварке значительно влияют на трудоемкость, качество сварных соединений и потребление электрической энергии. Обычно точность длительности импульса сварочного тока $t_{\text{св}}$ не должна превышать $\pm 5\%$ [1]. В связи с этим большое значение имеет контроль этого параметра, в процессе эксплуатации контактных сварочных машин, прямо на рабочем месте.

Для измерения длительности импульса сварочного тока применяются электрические секундомеры, электромагнитные вибрографы, а также магнитоэлектрические и электронные осциллографы. Датчиками у этих приборов могут служить пунг, трансформатор тока, датчики с преобразователями Холла и немагнитные тороидальные трансформаторы [1, 2].

Перечисленные приборы и датчики не нашли широкого применения в условиях производства, в связи с достаточно большими габаритами, высокой трудоемкостью эксплуатации и квалификацией обслуживающего персонала. Кроме того, применение на производстве датчиков Холла и немагнитных тороидальных трансформаторов ограничено ввиду их дефицитности и значительной трудоемкости изготовления соответственно.

К наиболее современным портативным приборам, которые могли бы найти применение в условиях производства, при контроле длительности импульса сварочного тока у электроконтактных сварочных машин, можно отнести электрические секундомеры на интегральных схемах и цифровой индикацией результатов измерения. Однако, эти приборы не выпускаются серийно.

Поэтому была разработана конструкция индикатора времени прохождения сварочного тока ИВИГ-1 для контроля длительности импульса сварочного тока $t_{\text{св}}$.

*) Статья написана при участии И. Г. Шеразуква