

протекания $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения по оптимальной кинетике для получения наилучшего сочетания прочностных, пластических и магнитных свойств.

Выводы

1. При закалке стали 23X15H7M2 от $t=1050^\circ\text{C}$ в её структуре отмечается присутствие на границах зерен большого количества карбидов хрома гексагональной и пластинчатой формы размером ~ 200 нм, которые снижают значения ударной вязкости (КСУ) и стойкость стали к МКК.

2. Закалка стали 23X15H7M2 от $t>1050^\circ\text{C}$ способствует растворению карбидов хрома на границах зерен, что приводит к возрастанию ударной вязкости и повышению стойкости стали к МКК.

3. Стабилизация аустенита стали 23X15H7M2 по отношению к мартенситному $\gamma \rightarrow \alpha$ превращению, наблюдаемая при увеличении температуры закалки свыше 1100°C обусловлена повышением растворимости углерода и снижением плотности дислокаций.

4. Мартенситное превращение при деформации стали 23X15H7M2 происходит по схеме: $\gamma \rightarrow \text{д.у.} \rightarrow \varepsilon\text{-мартенсит} \rightarrow \alpha\text{-мартенсит}$.

С.Ю. Ефремов, К.В. Белозеров
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРЫ НА СВОЙСТВА СЕРОГО ЧУГУНА

В работе исследовалось влияние химического состава и характеристик структуры на предел прочности при изгибе и твердость чугуна цилиндрических втулок судовых дизелей.

Исследованиям подвергались образцы, вырезанные из верхней части цилиндрических втулок, прошедших термическую обработку (отжиг)* на заводе-изготовителе – ОАО «РУМО» (г. Нижний Новгород). К числу исходных данных относятся:

- температура заливки, T_z , $^\circ\text{C}$;
- химический состав – содержание С, Р, S, Si, Cr, Mn, %.

Температура заливки определялась с помощью термопары в ходе плавки. Содержание химических элементов определялось следующими методами: серы и углерода – газообменным, кремния – весовым, хрома и марганца – объемным; фосфора – калориметрическим.

Образцы подвергались микроструктурному анализу, в ходе которого определялись следующие характеристики структуры: размер графита ($\Gamma_{\text{разм}}$, мкм); площадь, занятая графитом (Γ , %); количество перлита (Π , %); дисперсность перлита ($\Pi_{\text{д}}$, мкм).

Исследованию подверглись образцы 20 плавок. Химический состав и характеристики структуры изменялись в следующих пределах:

На универсальной гидравлической машине ГРМ-1 определяли предел прочности при изгибе $\sigma_{\text{и}}$, МПа; на прессе Бринелля модели ТШ-2М определялась твердость образцов НВ, МПа.

Далее полученные данные подвергались анализу. На первом этапе производилось построение однофакторных зависимостей и определялась степень влияния каждого из исследуемых факторов по отдельности на характеристики структуры и свойства чугуна.

* Исходные данные получены доц. И.И. Прохоровым

на. При этом возможные взаимосвязи факторов во внимание не принимались. На этом этапе было показано, что в исследуемом диапазоне варьирования температура заливки не оказывает влияния ни на структуру, ни на свойства материала цилиндровой втулки. Следовательно в дальнейшем данный фактор можно не учитывать.

Таблица

Диапазон варьирования исходных данных

Температура заливки, °С					
1290 – 1330					
Химический состав, %					
С	Р	S	Si	Cr	Mn
2,9–3,5	0,05–0,15	0,03–0,12	1,3–1,8	0,13–0,30	0,7–1,02
Характеристики структуры					
$\Gamma_{\text{разм}}$, мкм	Γ , %	Π , %	Пд, мкм		
177–382	1,2–3,3	96–99	0,5–1,6		

На втором этапе данные обрабатывались методами планирования эксперимента. В данном случае оценивался удельный вклад каждого из исследуемых факторов, анализировались их возможные взаимосвязи.

Вначале исследовали влияние химического состава на характеристики структуры серого чугуна. Затем, учитывая, что наибольшее влияние на свойства серого чугуна оказывает именно его структура (прежде всего, форма и размер графитных включений), характеристики структуры принимались как самостоятельные факторы и исследовалось их влияние на механические свойства чугуна.

По результатам исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. На размер графита наибольшее влияние оказывает содержание Si, Cr, C, P; на количество графита – S и C.

2. На количество перлита наиболее сильно влияет содержание S, на дисперсность перлита – содержание C, P, Cr.

3. Влияние размера графита на предел прочности при изгибе, в общем подчиняется известным закономерностям – с увеличением размера графита, $\sigma_{\text{и}}$ уменьшается. Существенного влияния на твердость размер графитных включений не оказывает.

4. Количество графита на предел прочности при изгибе влияет опосредованно – через сильное взаимодействие с величиной графитных включений: при увеличении их произведения, предел прочности при изгибе уменьшается. Влияние на твердость этой величины несколько выше, по сравнению с $\Gamma_{\text{разм}}$.

5. Количество перлита и его дисперсность значительно влияют на твердость чугуна. Твердость максимальна при $\Pi = 85\text{--}95\%$, с увеличением дисперсности перлита Пд твердость чугуна растет. Аналогичные зависимости прослеживаются и для прочности на изгиб – максимального значения $\sigma_{\text{и}}$ достигает при $\Pi = 85\%$ и при наибольшей дисперсности перлита.

Таким образом, по результатам исследований можно рекомендовать оптимальный состав чугуна (для получения максимальных значений предела прочности и твердости): 3,4–3,6% C; 0,11–0,13% P; 0,08–0,11% S; 1,7–1,8% Si; 0,2–0,3% Cr. Данный химический состав при соблюдении остальных технологических режимов плавки позволит обеспечить оптимальную структуру материала цилиндровой втулки (количество перлита – 80–90%; дисперсность перлита 1,4–1,7 мкм; количество графита 2,2–2,6%) и следующий диапазон механических свойств – $\sigma_{\text{и}} = 524\text{--}640$ МПа; HB = 2260–2810 МПа.