

Нефедьев С. П., Дема Р. Р., Митрофанова В. В., Сумина А. Д.  
МГТУ им. Г. И. Носова, г. Магнитогорск

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СЕРОГО ЧУГУНА ПЛАЗМЕННЫМ ОПЛАВЛЕНИЕМ

*Серый чугун нашел широкое применение для изготовления многих деталей в металлургии, машиностроении, автомобилестроении и в других областях промышленности. Однако из-за низких эксплуатационных свойств поверхностных слоёв детали из серого чугуна часто выходят из строя. Целесообразным является разработка способов упрочнения поверхностных слоёв серого чугуна плазменным оплавлением.*

***Ключевые слова:** серый чугун, твердость, плазменное оплавление, закалка, микротвёрдость, упрочнение.*

Серый чугун нашел широкое применение для изготовления многих деталей в металлургии, машиностроении, автомобилестроении и в других областях промышленности. Чаще всего применяются серые чугуны марок СЧ 20 – СЧ 44, высокопрочный чугун или низколегированный чугун с пластинчатой формой графита, поскольку эти материалы обладают не только высоким сопротивлением сжатию и высокой твёрдостью, но и достаточно высокой прочностью при изгибе, а также хорошей циклической прочностью (пределом выносливости) и значительным внутренним трением (затуханием колебаний) под действием переменных напряжений. Кроме того, они менее чем сталь восприимчивы к поверхностным дефектам и очень хорошо воспринимают незначительные ударные нагрузки высокой степени интенсивности [1].

Физико-механические и служебные свойства деталей из чугуна определяются прежде всего особенностями его микроструктуры. Главной особенностью микроструктуры серого чугуна является наличие графита

пластинчатой формы. Пластинчатый графит в большей степени нарушает сплошность металлической матрицы, и по этой причине серый чугун обладает сравнительно невысокими показателями временного сопротивления на разрыв и довольно низкой пластичностью [2]. Кроме того, даже модифицированный или легированный серый чугун плохо сопротивляется абразивному износу, а также износу при трении скольжения при приложении высоких контактных нагрузок.

Исходя из вышесказанного, из серого чугуна целесообразно изготавливать сердцевину деталей автомобилей, а поверхность выполнять из износостойких материалов, например, из легированного белого чугуна [3].

Серый чугун в исходном состоянии имеет феррито-перлитную металлическую основу и графит пластинчатой формы. После проведения плазменного переплава поверхности чугуна его твердость возрастает с 24 HRC до 52 HRC. Происходит отбеливание поверхности на глубину около 2 мм. Отбеленный слой имеет плотную структуру, без видимых трещин и сколов. Микроструктура отбеленного участка чугуна представлена на рис. 1. Видно, что она представляет собой доэвтектический белый чугун. Металлической основой является аустенит и мартенсит, образующие тело дендритов. Микротвердость аустенито-мартенситной композиции составляет 550–590 HV<sub>10</sub>. Дендриты не имеют ярко выраженного общего направления роста осей первого порядка, что означает, что теплоотвод в этом слое при кристаллизации был весьма эффективным и осуществлялся как в сторону металла основы, так и в атмосферу. В среднем дендритный параметр составляет 4–6 мкм, что соответствует примерной скорости кристаллизации в направлении осей дендритов первого порядка 1000 °C/с. В междендритном пространстве расположена эвтектика цементитного типа с микротвердостью 722–810 HV<sub>10</sub>.

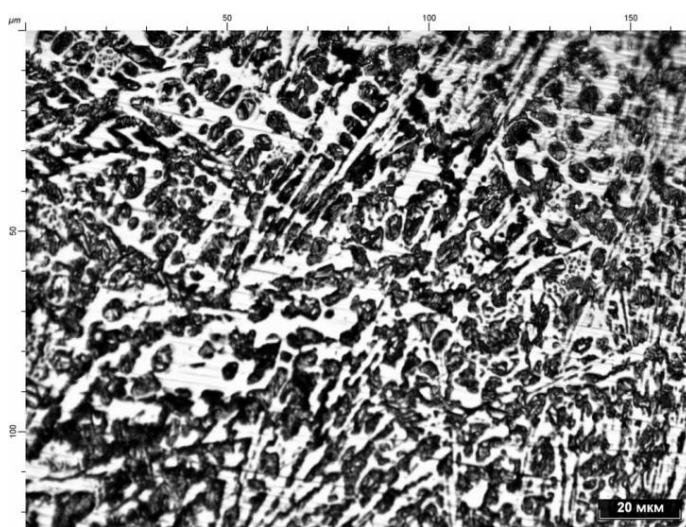


Рис. 1. Структура зоны переплава,  $\times 500$

В более глубоких слоях чугуна находится переходная зона, в которой одновременно присутствуют структуры, характерные как для металла основы, зоны переплава, так и для продуктов промежуточных превращений при кристаллизации жидкого чугуна (рис. 2).

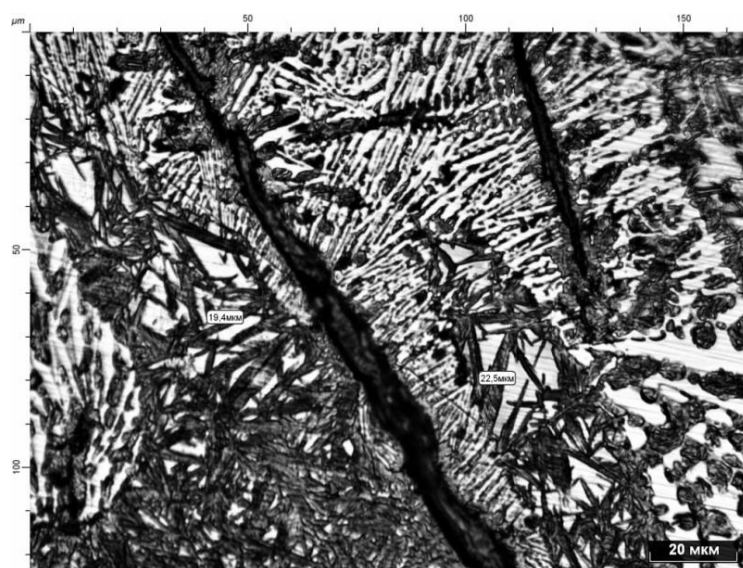


Рис. 2. Микроструктура переходной зоны от зоны переплава к металлу основы,  $\times 500$

Хорошо видны пластины графита, которые не успели раствориться в расплаве чугуна при плазменной обработке как в связи с малым временем воздействия, так и в связи с меньшей температурой расплава на

соответствующем расстоянии от поверхности образца. К графитовым пластинкам с обеих сторон примыкает эвтектика цементитного типа, в которой карбидные частицы расположены перпендикулярно поверхности графитовых пластинок. Можно предположить, что переходная зона образовалась при ускоренном охлаждении расплава чугуна от температур твердо-жидкого состояния (из интервала кристаллизации). При этом недорастворившиеся графитовые пластинки являлись подложкой, на которой росли кристаллы карбидной фазы. Металлическая основа эвтектической структуры образована мартенситом и аустенитом. На некотором расстоянии от пластинок графита расположены области, имеющие строение высокоуглеродистого мартенсита и аустенита. Интегральная микротвёрдость этих областей составляет 440–480 HV<sub>10</sub>. Отдаляясь от поверхности образца вглубь, описанная выше композиция замещается более характерными структурами для серого чугуна. Скорость охлаждения при поверхностном переплаве чугуна на этих глубинах была относительно низка, поэтому наряду с мартенситом встречается троостомартенситная структура.

Микротвёрдость на поверхности отбелённых образцов составляет 700–800 HV<sub>200</sub>. Высокая твёрдость поверхностного отбелённого слоя достигается вследствие формирования доэвтектической структуры (рис. 2), состоящей из эвтектических карбидов цементитного типа и аустенитно-мартенситной металлической основы.

### **Вывод**

Плазменным поверхностным расплавлением в серых чугунах с пластинчатым графитом можно получить упрочнённый слой с твёрдостью не ниже 52 HRC и структурой, характеризующейся большой не гомогенностью, которая состоит в основном из ледебурита, мартенсита, аустенита и графита в различных соотношениях и количествах в зависимости от вида и режимов обработки.

## Литература

1. Куликов Г. Д. Современные способы восстановления деталей наплавкой. Челябинск : Южно-Уральское кн. изд-во, 1974. 182 с.
2. Балановский А. Е. Плазменное поверхностное упрочнение металлов. Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2006. 180 с.
3. Емелюшин А. Н., Петроченко Е. В., Нефедьев С. П. Исследование структуры и ударно-абразивной износостойкости покрытий системы Fe–C–Cr–Mn–Si, дополнительно легированных азотом // Сварочное производство. 2011. № 10. С. 18–22.