

Из полученных результатов можно сделать вывод, что обрабатываемость стали 20ХН3А оказывается лучшей у заготовок, прошедших после нагрева под нормализацию охлаждение в струе воздуха. Полученная при этом структура Б + Ф достаточно стабильна и хорошо обрабатывается резанием при низкой скорости резания.

В ы в о д ы. 1. Экспериментально установлено, что время выдержки оказывает весьма малое влияние на твердость и обрабатываемость заготовок резанием, поэтому можно рекомендовать уменьшить время выдержки с 8 до 6 ч.

2. На обрабатываемость резанием значительное влияние оказывают скорость охлаждения заготовок, твердость, действительный предел прочности, относительное сужение и структура материала.

3. Самые стабильные результаты по структуре и обрабатываемости стали 20ХН3А дает охлаждение заготовок в струе воздуха.

4. Из всех полученных структур лучшей обрабатываемостью при охлаждении на спокойном воздухе обладает структура феррит + перлит пластинчатый + перлит зернистый 10 %.

5. Наиболее стабильной и часто встречающейся структурой при охлаждении в струе воздуха является структура бейнит + перлит, и ее обрабатываемость в этом случае сопоставима с вышеуказанной.

6. В зависимости от скорости охлаждения обрабатываемость разных структурных составляющих различна.

Г л а в а V. ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ УПРОЧНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

УДК 621.793.7 (045)

**М.А.КАРДАПОЛОВА, Н.В.СПИРИДОНОВ, канд.
техн. наук, О.Н.СТАТКЕВИЧ (БПИ)**

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ САМОФЛЮСЮЩИХСЯ СПЛАВОВ

Использование самофлюсующихся твердых сплавов системы Ni—Cr—B—Si позволяет получить практически любое сочетание свойств покрытий (твердость, износостойкость, стойкость к коррозии, к кавитации и др.). Сплавы этого типа наносятся на рабочие поверхности деталей машин наплавкой, плазменным или газоплазменным напылением.

Наиболее прогрессивно и экономично наносить покрытия из самофлюсующихся твердых сплавов системы Ni—Cr—B—Si газоплазменными горелками с использованием ацетиленокислородного пламени. После нанесения покрытия целесообразно его нагреть вторично до температур, близких к температуре

Химический элемент.	C	Ni	Cr	B	Si	W
Содержание , %	0,4...1,5	ост.	15...21	2...5	2...4	4...6

плавления. Оплавление необходимо для повышения прочности сцепления покрытия с основой, напыленных частиц между собой и уменьшения пористости. Известны такие методы оплавления, как газопламенный, печной, индукционный и др. Эти методы имеют ряд недостатков, к основным из которых относятся: возникновение деформаций, разупрочнение основы детали и снижение геометрической точности.

В последнее время в нашей стране и за рубежом начинают использовать для оплавления самофлюсующихся сплавов высокоэнергетические методы, в частности луч лазера. Этот метод имеет ряд преимуществ: появляется возможность оплавления деталей сложной конфигурации, увеличивается адгезионная способность покрытия, наблюдается минимальный разогрев основы деталей, при котором не возникают деформации, укрупнение зерна стали и ее разупрочнение.

Для исследования были выбраны композиции из самофлюсующегося сплава на основе никеля с добавками 35 % WC и 85 % WC (химический состав сплава дан в табл. 1).

Материалом подложки служила сталь 20. Нанесение покрытия осуществлялось методом плазменного напыления. Оплавление производили лазерной установкой непрерывного действия ЛГН-702 мощностью 800 Вт на трех режимах, меняя скорость относительного движения лазерного луча. Металлографические исследования образцов проводили на микроскопе МИМ-8М при увеличении $\times 80$, $\times 650$. Микротвердость измеряли на приборе ПМТ-3 при нагрузке 0,5 Н. Пористость покрытия оценивали на микроскопе МИМ-8М в поляризованном свете. Распределение элементов исследовали на микроанализаторе "Сатеса". В настоящей работе исследовали влияние режимов лазерного оплавления на качество самофлюсующихся сплавов системы Ni—Cr—B—Si—W с добавлениями карбидов вольфрама. Особое внимание уделялось изменению качества легирующих добавок в покрытии, пористости покрытия, изменению микротвердости и строению переходной зоны.

На рис. 1 показана микроструктура покрытий после плазменного напыления. Видны слойность строения покрытий, неудовлетворительная прочность сцепления с основой из-за наличия окислов и пор на границе раздела. Микротвердость составляет 9300...11450 МПа, наблюдается большая хрупкость (появление сетки трещин около отпечатка алмазной пирамиды). После оплавления лучом лазера при самой маленькой скорости движения луча (режим I) наблюдается глубокая проплавленная зона сплава (~ 4000 мкм), проникающая в подложку. При таком режиме образуется дендритная структура сплава, резко отличающаяся от структуры неоплавленного покрытия. Особенностью является полное отсутствие пор в оплавленной зоне. При средней скорости движения луча (режим II) проплавленная зона намного меньше проникает в основу, поверхность покрытия вогнутая, но менее шероховатая, чем поверхность расположенного рядом неоплавленного участка. Анализ оплавленных



Рис. 1. Микроструктура сплава системы Ni–Cr–B–Si–Wc добавками 35 % WC после плазменного напыления (x 650)

участков при режиме III показывает проплавленную зону, уже не достигающую подложки, но более плотную, чем неоплавленное покрытие, при такой же прочности сцепления покрытия с основой. В композите сплава с 85 % WC наблюдается большая хрупкость покрытия, поэтому в дальнейшем он не исследовался.

Микроструктура переходной зоны сплава после оплавления лазером на трех режимах при x650 приведена на рис. 2. При первом режиме оплавления отчетливо видна переходная зона шириной 10 мкм по всей длине соприкосновения покрытия и основы. На границе между зоной термического влияния сплава неоплавленные участки соприкасаются с дендритами перегретого сплава. Микротвердость покрытия ниже неоплавленного ($H_{50} = 5500...6000$ МПа), при этом наблюдается ее стабильность по глубине слоя. При таком режиме при нагреве излучением лазера образуется жидкая ванна, в которой расплавлен не только сплав, но и подложка. В результате происходит механическое смешивание структурных составляющих покрытия и основы, т.е. ожелезнение покрытия, что доказывается результатами микрорентгеноспектрального анализа (МРСА). Кривая распределения элементов показывает большое содержание железа (80 %) в слое с постепенным уменьшением к поверхности (20 %). Распределение вольфрама постоянно во всей толщине слоя с большим количеством максимумов и минимумов, что говорит о равномерном распределении карбидов вольфрама по сечению покрытия, за исключением приповерхностной зоны, где содержание карбидов вольфрама несколько выше.

Совершенно другая картина наблюдается при режиме II. Структура заметно мельче, переходная зона покрытия состоит из зоны столбчатых кристаллов, далее к поверхности структура мелкодисперсная. Это объясняется особенностями лазерного нагрева. При воздействии луча лазера сплав мгновенно разо-

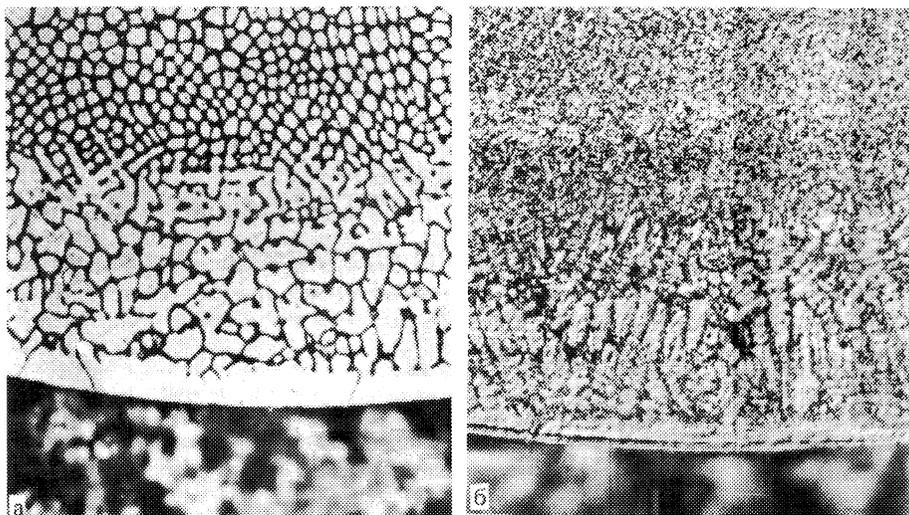


Рис. 2. Микроструктура переходной зоны сечения образца с покрытием системы Ni—Cr—B—Si—W+ 35 % WC, оплавленного лучом лазера по:
 а — режиму I; б — режиму II; в — режиму III (x650)

гревается до температуры плавления. Образуется жидкая ванна. Основа не разогревается. После отвода тепла сплав мгновенно застывает. Тугоплавкие зародыши карбидов и боридов, являясь центрами кристаллизации, не успевают вырасти и равномерно распределяются в матрице твердого раствора. На границе раздела неоплавленного сплава и зоны термического влияния видно, как измельчен сплав и более однороден после обработки лазером. Кривая распределения элементов показывает небольшую (10...15 %) диффузию железа из основы в покрытие. Диффузии никеля, вольфрама, хрома, кремния из покрытия в основу не наблюдается ввиду большой скорости протекания процесса лазерной обработки и направленности теплового потока. У переходной зоны все эти элементы находятся в несколько заниженных количествах, далее к поверхности содержание их равномерно. Микротвердость покрытия после режима II примерно равна микротвердости неоплавленного покрытия и составляет 9300...10000 МПа.

При большой скорости (режим III) оплавления не достигается полное проплавление сплава с основой, только структура становится плотнее и исчезают поры (рис. 2, в).

Приведенные исследования позволяют рекомендовать указанные покрытия с лазерным оплавлением для деталей машин, работающих в условиях граничного трения и трения без смазки.