

мом материале остаточная пористость составляла 5...7%, что привело к возникновению ударных нагрузок на режущих лезвиях резца и выкрашиванию частиц эльбора. В результате величина микронеровностей увеличилась в 1,2...1,5 раза. Резцы из твердого сплава ТЗОК4 практически неработоспособны при точении исследуемого материала, так как наблюдается интенсивный износ режущих лезвий, образование задиров и наливов на обработанной поверхности.

Таким образом, тонкое точение спеченных порошковых материалов после ХТО целесообразно производить со скоростями резания свыше 60 м/мин и подачами не более 0,1 мм/об. В этом случае резцами из гексанида обеспечивается шероховатость поверхности в пределах 7 в... 8а класса.

УДК 621.797

А.И. Шевцов, канд.техн.наук

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ, НАПЛАВЛЕННЫХ ПОРОШКОВОЙ ШИХТОЙ ПРИ ИНДУКЦИОННОМ НАГРЕВЕ

Металлографические исследования тракторных гильз, наплавленных сплавом ПГ-Ср4, проводили на всех этапах разработки технологии наплавки. При этом определяли размеры и конфигурацию наплавленного слоя, наличие дефектов, структуру наплавки, распределение твердости по длине и сечению наплавленных гильз.

Для определения размеров и конфигурации наплавленного слоя из гильз изготавливали продольные и кольцевые темплеты, которые вырезали из различных участков гильз (рис. 1). Как правило, зона сопряжения нанесенного слоя с металлом основы имеет непрямолинейную форму в продольном сечении. Потеря прямолинейности объясняется более интенсивным нагревом основного металла в средней части проточки гильзы под наплавку.

С помощью макрошлифов (темплетов) оценивали также качество наплавки по наличию дефектов в виде неметаллических включений, пористости, обнаруживаемых невооруженным глазом или при малом увеличении (\times до 10).

После отработки технологии наплавки и получения качественных гильз были проведены подробные исследования химического состава, макро- и микроструктуры, распределения

твердости. Химический анализ наплавляемого материала выполняли до и после наплавки. Установлено, что в результате наплавки химический состав сплава на основе никеля существенных изменений не претерпевает. Так, он практически одинаков в поверхностном слое, который подвергается износу при эксплуатации гильз цилиндров, и у присадочного порошка (табл. 1). Таким образом, быстрый индукционный нагрев сплава ПГ-Ср4 и относительно быстрое охлаждение предотвращают существенное выгорание входящих в его состав элементов и переход их в окислы, уносимые в шлак. Результаты химического анализа одной из наплавки представлены в табл.1.

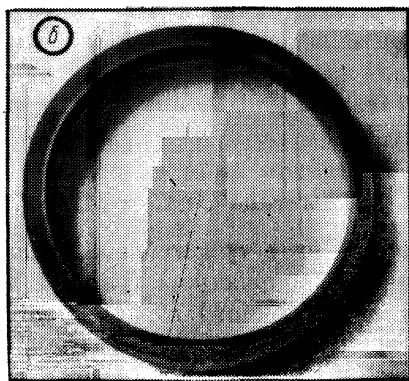
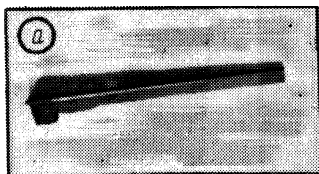


Рис. 1. Продольный (а) и кольцевой (б) шаблоны, вырезанные из наплавленной гильзы.



Рис. 2. Микроструктура наплавки (x450).

При исследовании микрошлифов установлено, что некоторые гильзы, по всем параметрам удовлетворяющие требованиям технических условий, в переходной зоне от наплавки к материалу основы имеют отдельные микроскопические раковины (рис. 2). Наблюдения показали, что такие раковины, не выходящие на поверхность, не влияют на срок службы детали. Накопление статистических данных позволит в дальнейшем определить допустимую величину и предельное число микрораковин и установить браковочный признак по этому дефекту.

Микроструктура материала основы (чугун СЧ 21-40) как в исходном состоянии, так и после наплавки состоит из перлита, небольшого количества феррита, графита средней величины. Участки феррита расположены вокруг выделений графита.

Микроструктура наплавленного слоя состоит из твердого раствора на основе никеля, сложной эвтектики и первичных кристаллов (рис. 3).

В состав твердого раствора входят хром и кремний. Последний (для сплавов, содержащих 8...20% Cr, 1,5...4,5%В) не образует самостоятельных фаз: при рентгеноструктурном анализе сплавов системы никель — хром — бор с 3,5% кремния силициды не обнаружены [1]. Очевидно, кремний увеличивает активность хрома в твердом растворе, что должно способствовать образованию боридов и карбидов хрома. Зерна твердого раствора имеют микротвердость в среднем $34 \cdot 10^8$ Н/м² (нагрузка 50 гс). Эвтектика значительно тверже — в среднем $75 \cdot 10^8$ Н/м² (нагрузка 50 гс).

В отношении первичных кристаллов отметим следующее.

Растворимость бора в хромоникелевых сплавах не превышает 0,004...0,008% [3], т.е. практически весь бор находится в виде боридов, крупные включения которых хорошо видны на фотографии микроструктуры (рис. 3).

Углерод в сплавах системы никель — хром — кремний — бор находится преимущественно в связанном виде (карбиды). Так, в этих сплавах обнаружены карбиды типа Cr_7C_3 и Me_2C_6 [2]. Отсутствие свободного углерода в виде графитовых включений зафиксировано на фотографии микроструктуры (рис. 3). Среди первичных кристаллов (боридов, карбидов) можно различить шестигранные, H-образные и компактные кристаллы неправильной формы. Микротвердость первичных кристаллов значительно превышает ту же величину для твердого раствора и эвтектики. Например, для кристаллов неправильной формы она находится в пределах $(210...220) \times 10^8$ Н/м² (при нагрузке 100 гс) [4].

Известно, что наиболее износостойкими являются сплавы, имеющие структуру избыточных карбидов или боридов, сцементированных соответствующей эвтектикой. Следовательно, полученная в результате наплавки структура обеспечивает высокую износостойкость наплавленных гильз, что подтверждено эксплуатационными испытаниями.

В структуре переходной зоны содержатся участки серого чугуна, располагающиеся в основной массе твердого сплава

Т а б л. 1. Химический состав наплавляемого материала

Наименование материала	Содержание химических элементов, %					
	C	Si	Cr	B	Fe	Ni
Сплав ПГ-Ср4 до наплавки	0,76	3,1	17	3,7	5	остальное
Технические требования к сплаву ПГ-Ср4 по ГОСТ 21448-75	0,6...1	3,0...4,5	15...18	2,8...3,8	не более 5'	остальное

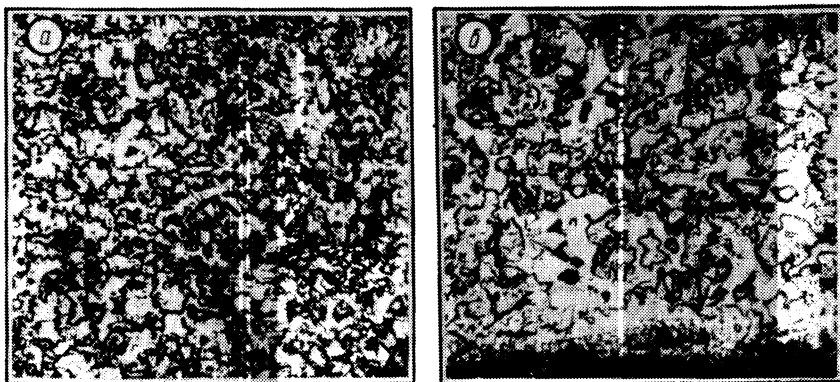


Рис. 3. Микроструктура сплава ПГ-Ср4 (x 450): а – сплав, б – переходная зона.

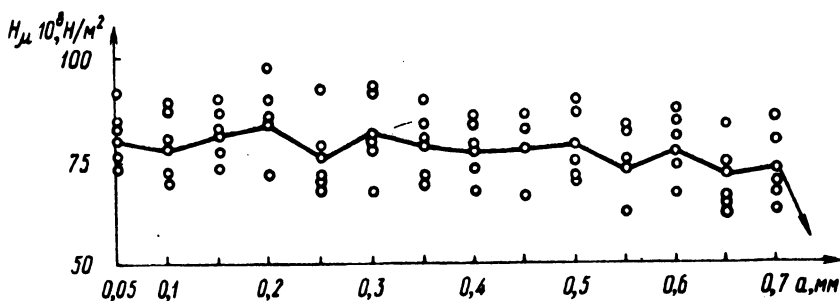


Рис. 4. Зависимость микротвердости (H_{μ}) наплавленного слоя от расстояния (а) от поверхности наплавки (нагрузка на алмазную пирамидку 100 гс).

ПГ-Ср4. Очевидно, в этой зоне частично расплавился чугуи, так как температура наплавки выше эвтектической. Такие условия создают прочную связь наплавленного слоя с материалом гильзы. Переходная зона сравнительно узкая (~ 120 мкм), и наблюдается постепенный переход к структуре серого чугуна (рис. 3).

Твердость по длине упрочненной поверхности зеркала цилиндра измеряли на прессе Роквелла. Установлено, что этот параметр изменяется от HRC 55...58 на участке наплавки до HB 196...207 в ненаплавленной зоне. Поэтому в процессе механической обработки проявляется тенденция к образованию уступа на границе указанных участков. Однако на последующих доводочных операциях уступы снимаются.

Анализ микротвердости по глубине наплавленного слоя проводили на приборе ПМТ-3 с нагрузкой на алмазную пирамидку 100 гс. Уколы выполняли через каждые 0,05 мм по всей толщине наплавки. На одном и том же расстоянии от поверхности сплава осуществляли не менее пяти уколов, на основании которых определяли среднеарифметические данные. Результаты замеров микротвердости представлены на рис. 4. Как видно, микротвердость изменяется по толщине наплавки, уменьшаясь от поверхности, что объясняется разбавляющим действием материала основы, которое зависит от времени пребывания наносимого сплава ПС-Ср4 в жидком состоянии и сведено к минимуму в результате обработки теплового режима упрочняющей технологии. Кроме того, различные структурные составляющие (карбиды, бориды и т.д.) под действием центробежной силы при вращении наплавливаемой гильзы ведут себя по-разному в зависимости от их удельного веса. Более тяжелые составляющие стремятся уйти вглубь расплава, а более легкие — всплывают к поверхности. Последние, являясь одновременно и наиболее твердыми, также повышают микротвердость поверхностных слоев.

При эксплуатации гильз цилиндров контактными нагрузкам и изнашиванию подвергаются поверхностные слои наплавки с более высокой микротвердостью. Поэтому изменение микротвердости в нижележащих слоях не оказывает влияния на долговечность упрочненных деталей.

Таким образом, проведены исследования структуры и свойств тракторных гильз цилиндров, наплавленных порошковой шихтой при индукционном нагреве. Микроструктура, характеризующаяся износостойкостью, высокая твердость наплавлен-

ного слоя позволяют существенно увеличить моторесурс уп-
рочненных гильз по сравнению с серийными.

Л и т е р а т у р а

1. Гладкий П.В., Переплетчиков Е.Ф., Фрумин И.И. Плазменная наплавка хромоникелевых сплавов, легированных кремнием и бором. — "Автоматическая сварка", 1968, № 9.
2. Калбертсон Р., Норден В., Рацек Ж. Вопросы металлургии и технологии твердой наплавки сплавами кобальта и никеля. — В сб.: XI конгресс Международного института сварки. М., 1961.
3. Коломыцев П.Т. Исследование структуры сплавов системы никель — хром — бор. — ДАН СССР, 1962, т. 144, № 1.
4. Самсонов Г.В. и др. Бор, его соединения и сплавы. Киев, 1969.

УДК 621.81

В.С. Ивашко

ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

В работе [1] приведена зависимость прочности сцепления напыленного покрытия из самофлюсующегося твердого сплава на основе никеля от величины микронеровностей детали. Однако для получения максимальной прочности сцепления создавать требуемую шероховатость иногда очень трудно.

На наш взгляд, представляют интерес зависимости прочности сцепления от степени наклепа (или кинетической энергии дробы на единицу площади), времени выдержки между операцией подготовки поверхности и нанесением покрытия и температуры подогрева основы детали.

Исследование прочности сцепления проводилось по общеизвестной методике. Порошок грануляцией 100...160 мкм напылялся плазменной горелкой УМП-4-64 на оптимальных режимах. Дистанция напыления 0,1 м, толщина слоя 2 мм. В качестве плазмообразующегося газа использовался технический азот Минского химзавода.

Перед напылением поверхность обрабатывали дробью диаметром 1,5 мм на дробеструйной установке пневматического типа. Расстояние до обрабатываемой поверхности составляло 0,5 м. Величина энергии на подготовку, поверхности (А,