

УДК 669.018.254

К.В. Макаренко, В.Г. Солдатов, И.А. Котлярова, А.А. Тарасов

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВСТАВОК ИЗ СПЛАВА ВК20

Представлены результаты исследований вставок для высадочного инструмента, изготовленных из твердого сплава ВК20 различными производителями, которые проводились по стандартным методикам с использованием сертифицированного оборудования.

Ключевые слова: твердый сплав, ВК20, штамп, высадка, плотность, твердость.

Изделия из твердых сплавов традиционно применяются для изготовления рабочих элементов штампов. Учитывая тяжелые условия эксплуатации, к ним предъявляют повышенные требования к уровню прочностных свойств. Так как твердые материалы получают по технологии порошковой металлургии методом жидкофазного спекания, то большое влияние на окончательные свойства изделий оказывает концентрация пор в сплаве. Пористость определяют косвенным методом дилатометрического анализа. Основное эксплуатационное свойство – твердость определяют традиционно на твердомерах Роквелла по шкале А. Все методики определения механических и физических свойств твердых сплавов регламентированы ГОСТами.

Объектом исследования являлись вставки (далее образцы), изготовленные из твердого сплава ВК20, трех партий: I – изношенные (образцы № 1, 2, 4, 5); II – новые вставки первого производителя (образцы № 6, 7, 8, 9, 10); III – новые вставки второго производителя (образцы № 11, 12, 13, 14, 15).

На рис. 1 представлены исследованные вставки, за исключением образца №3, который разрушился при определении твердости.



Рис. 1. Исследованные вставки

Твердость вставок определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 20017-74 по Роквеллу (шкала А). Шлифование проводили так, чтобы наклеп и нагрев поверхности образцов были минимальными. Шлифование выполнялось по методике, представленной в ГОСТ 20019-74. Толщина слоя, сошлифованного с поверхности образцов, не превышала 0,2 мм. Поверхность образцов при испытаниях была параллельна опорной поверхности.

Оборудование, использованное при определении твердости вставок из твердого сплава ВК20, – стационарный твердомер 200HR-150. Прибор по сертификату соответствует требованиям ГОСТ 23677-79. За показатель твердости образца принимали среднее арифметическое значение трех измерений, округленное до 0,5. Результаты испытаний образцов на твердость представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерения твердости исследуемых вставок

№ образца	Результаты замера твердости в отдельных точках (HRA)			Среднее арифметическое значение твердости (HRA)
	1	2	3	
1	86	87	86	86,5
2	86	85,5	85,5	85,5
3	85	85	–	85
4	86	86	85,5	86
5	86	85,5	86	86
6	83	81	83	82,5
7	83	83,5	83	83
8	83,5	83,5	83,5	83,5
9	83,5	84	83,5	83,5
10	84	84	84	84
11	84,5	84	84	84
12	84,5	84,5	84,5	84,5
13	83	83	83	83
14	81	81	82	81
15	84	83,5	84	84

Примечание. Образец №3 в ходе испытания разрушился.

В соответствии с ГОСТ 3882-74 исследуемый твердый сплав марки ВК20 должен иметь твердость не менее 84 HRA.

Анализ результатов, представленных в табл. 1, показал:

1. Значения твердости у всех образцов группы I (№1, 2, 3, 4, 5) превышают показатели, заложенные в ГОСТ 3882-74. Данный факт объясняется тем, что образцы этой группы были подвержены деформационному упрочнению в ходе эксплуатации. Показатели твердости для данной группы в процессе ударного циклического нагружения претерпели изменения вследствие накопления дислокаций в структуре сплава. Накопление дефектов в процессе деформационного упрочнения послужило одной из главных причин разрушения образца №3 при третьем замере.

2. Значения твердости у четырех образцов группы II не соответствуют ГОСТ 3882-74 (№ 6, 7, 8, 9); лишь у одного образца (№10) твердость отвечает требованиям стандарта (84 HRA).

3. Наилучшие показатели твердости в группе III: три образца имеют твердость, соответствующую ГОСТ 3882-74 (№11, 12 и 15); у образцов №13 и 14 значения твердости ниже допустимого стандартом (83 и 81 HRA соответственно).

Плотность исследуемых образцов определяли гидростатическим методом в соответствии с ГОСТ 20018-74. Метод состоит во взвешивании образцов в воздухе, а затем в воде и вычислении их плотности по формуле

$$\rho_{\text{образца}} = \frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}} m_{\text{воздух}}}{m_{\text{воздух}} - m_{\text{вода}}} \quad (1)$$

где $m_{\text{воздух}}$ – масса образца, взвешенного в воздухе, г; $m_{\text{вода}}$ – масса образца, взвешенного в воде, г; $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ – плотность воды, г/см³.

Полученные значения плотности сравнивали со значением плотности сплава ВК20 согласно ГОСТ 3882-74 ($\rho_{\text{ВК20}} = 13,4 \dots 13,7 \cdot 10^3$ кг/м³).

Использованные материалы и оборудование:

1. Весы с разновесами.
2. Устройство для взвешивания образцов в воде, состоящее из сосуда с дистиллированной водой и проволоки для погружения образцов в воду.
3. Дистиллированная вода.
4. Этиловый спирт.

Основные этапы проведения испытаний:

1. Очистка поверхности исследуемых образцов от загрязнений путем погружения их в раствор этилового спирта (5 мин).
2. Измерение температуры дистиллированной воды и определение ее плотности по табл. 2.

Таблица 2

Плотность воды при разных температурах

Температура		Плотность воды, г/см ³ ($\times 10^3$, кг/м ³)	Температура		Плотность воды, г/см ³ ($\times 10^3$, кг/м ³)
К	°С		К	°С	
288	15	0,9981	296	23	0,9965
289	16	0,9979	297	24	0,9963
290	17	0,9977	298	25	0,9960
291	18	0,9976	299	26	0,9958
292	19	0,9974	300	27	0,9955
293	20	0,9972	301	28	0,9952
294	21	0,9970	302	29	0,9949
295	22	0,9967	303	30	0,9946

3. Добавление в дистиллированную воду 1 капли этилового спирта (ПАВ) для улучшения смачиваемости исследуемых образцов водой.

4. Взвешивание каждого образца сначала в воздухе (с погрешностью 0,005 г), а затем в воде (с погрешностью 0,005 г). Для взвешивания в воде образец подвешивали на проволоке и погружали в сосуд с водой таким образом, чтобы он был полностью покрыт водой. Глубина погружения – не менее 10 мм от верха образца. Каждое взвешивание повторяли трижды.

5. Вычисление плотности образцов по формуле (1). За показатель плотности образца принимали среднее арифметическое значение трех определений, округленное до 0,01.

Анализ результатов определения плотности показал:

1. Значения плотности у всех образцов группы I(№1, 2, 4, 5) не соответствуют ГОСТ 3882-74 (значения плотности ниже). Основная причина та же, что и при определении твердости, – накопление дефектов в ходе эксплуатации.

2. Значения плотности у трех образцов группы IIсоответствуют ГОСТ 3882-74 (№8, 9, 10); у двух образцов (№6 и 7) значения плотности ниже заданных стандартом (13,39 и 13,37 соответственно).

3. Значения плотности у трех образцов группы IIIсоответствуют ГОСТ 3882-74 (№11, 14, 15); у образцов №12 и 13 значения плотности существенно ниже допустимого ГОСТом (13,34 и 13,33 соответственно).

4. Общая тенденция для всех исследуемых образцов – более низкие значения плотности относительно заданных ГОСТ 3882-74.

Большинство физических свойств сплава ВК20 обладают аддитивностью, т.е. складываются из соответствующих характеристик кобальта и карбида вольфрама с учетом их объемных количеств в сплаве. Таким образом, исследуемые параметры (твердость и плотность) опосредованно, связаны друг с другом.

В табл.3 наглядно показано изменение физических и механических свойств сплавов WC – Со при увеличении содержания кобальта [1].

Таблица 3

Состав и свойства твердых сплавов WC – Co

Расчетный состав, %		Плотность, г/см ³	Твердость (HRA)
WC	Co		
100	–	15,7	92 – 94
97	3	15,1 – 15,2	90 – 93
95,5	4,5	15,0 – 15,1	90 – 92
94 – 94,5*	5,5 – 6	14,8 – 15,0	90 – 91
94 – 94,5**	5,5 – 6	14,8 – 15,0	91 – 92
91	9	14,5 – 14,7	89 – 91
90	10	14,3 – 14,5	88,5 – 90,5
89	11	14,0 – 14,2	88 – 90
87	13	14,0 – 14,2	87 – 89
85	15	13,8 – 14,0	86 – 88
80	20	13,1 – 13,3	83 – 86
75	25	12,8 – 13,0	82 – 84
70	30	12,3 – 12,5	80 – 82
–	100	8,7	–

* – крупнозернистая фаза WC(3...4 мкм); ** – мелкозернистая фаза WC(0,5...2 мкм).

Соответствие показателей твердости и плотности требованиям ГОСТ 3882-74 показано в табл. 4.

Таблица 4

Соответствие определенных показателей твердости и плотности требованиям ГОСТ 3882-74

№ образца	Соответствие показателей ГОСТ 3882-74		№ образца	Соответствие показателей ГОСТ 3882-74	
	Твердость (не менее 84 HRA)	Плотность (13,4...13,7 г/см ³)		Твердость(не менее 84 HRA)	Плотность (13,4...13,7 г/см ³)
1	Да	Нет	9	Нет	Да
2	Да	Нет	10	Да	Да
3	Да	–	11	Да	Да
4	Да	Нет	12	Да	Нет
5	Да	Нет	13	Нет	Нет
6	Нет	Нет	14	Нет	Да
7	Нет	Нет	15	Да	Да
8	Нет	Да			

На рис. 2 представлена лепестковая диаграмма, на которой отмечены одновременно показатели твердости и плотности исследованных вставок.

Итак, на основании сопоставления определенных в ходе исследования показателей твердости и плотности с требуемыми значениями этих параметров, заложенными в ГОСТ 3882-74 для сплава ВК20, можно сделать следующий вывод: только три вставки полностью отвечают требованиям ГОСТа – это образцы №10, 11 и 15.

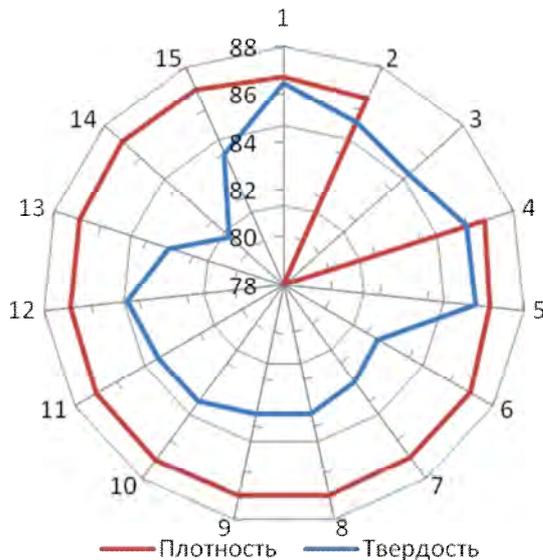


Рис. 2. Диаграмма значений плотности и твердости исследованных вставок

Механические и эксплуатационные свойства вставок, выполненных из твердого сплава, в значительной степени зависят от пористости материала. Косвенным критерием пористости является плотность, которая в соответствии с ГОСТ 20018-74 определялась гидростатическим методом. Наилучшими показателями плотности в соответствии с ГОСТ 3882-74 обладают вставки групп II и III (3 из 5), наихудшими – вставки группы I, которые, как показали исследования, были подвержены деформационному упрочнению в ходе эксплуатации. Деформационное упрочнение объясняет и высокую твердость образцов группы I (№1 – 5). Накопившиеся в процессе эксплуатации дефекты способствовали

уменьшению плотности материала и послужили основной причиной разрушения образца №3 при статическом измерении твердости.

Из двух групп, представленных 5 вставками различных производителей, наилучшими показателями обладают вставки группы III (образцы № 11 – 15), две из которых удовлетворяют требованиям ГОСТ 3882-74 (образцы № 11 и 15). Во второй группе требованиям стандарта для сплава марки ВК20 удовлетворяет только образец № 10.

Проведенный анализ позволяет предположить, что несоответствие исследуемых вставок требованиям ГОСТ 3882-74 (по твердости и плотности) может быть обусловлено несколькими причинами:

1. Повышенным содержанием кобальта в сплаве (более 20%).
2. Наличием в сплаве остаточной пористости.
3. Присутствием в структуре сплава химически несвязанного углерода (не в виде карбида, а в виде графита).
4. Несоответствием размера и морфологии зерна WC.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киффер, Р. Твердые сплавы: [пер. с нем.] / Р. Киффер, Ф. Бенезовский. – М.: Металлургия, 1971. – 392 с.

Материал поступил в редколлегию 11.03.15.