

ПРОИЗВОДСТВО СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН ДЛЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

СОДЕРЖАНИЕ

1. Тонкодисперсные и градиентные твердые сплавы
2. Технология изготовления твердосплавных сменных многогранных пластин
3. Нанесение износостойких покрытий
4. Контроль качества износостойких покрытий
5. Регенерация отходов твердых сплавов

Одним из современных направлений совершенствования металлорежущих инструментов является оснащение их твердосплавными сменными многогранными пластинами (СМП). Это объясняется следующими преимуществами таких инструментов по сравнению с напайными инструментами: а) увеличенные режимы резания (производительность) и стойкость; б) быстрая, часто без поднастройки, замена изношенных режущих кромок и пластин; в) экономия дефицитных и дорогостоящих материалов (W, Ti, Ta, Co); г) многократное использование державок и корпусов режущих инструментов; д) использование одного и того же инструмента для обработки различных материалов; е) возможность нанесения износостойких покрытий и др.

Режущие инструменты, оснащенные СМП, выпускаются с середины 50-х гг. прошлого столетия и все это время постоянно идет процесс совершенствования их качества, который в настоящее время решается, главным образом, путем разработки новых марок твердых сплавов, а также совершенствования технологий изготовления пластин и нанесения износостойких покрытий.

ТОНКОДИСПЕРСНЫЕ И ГРАДИЕНТНЫЕ ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

Приведены общие сведения о тонкодисперсных и градиентных твердых сплавах. Описаны способы их получения и области применения.

Использование в качестве материала сменных многогранных пластин (СМП) твердых сплавов объясняется их высокими твердостью и износостойкостью. Однако твердые сплавы подвержены хрупкому разрушению и имеют соответственно относительно низкую прочность. Поэтому создание твердых сплавов, не имеющих указанных недостатков, является весьма перспективным направлением, которое в последнее время решается, главным образом, путем получения тонкодисперсных и градиентных твердых сплавов [1–7 и др.].

Тонкодисперсные твердые сплавы в зависимости от размера зерна карбидной фазы делятся на субмикронные ($d_{WC} = 0,5 \dots 1,2$ мкм); ультрадисперсные ($d_{WC} = 0,2 \dots 0,5$ мкм); нанофазные ($d_{WC} \leq 0,2$ мкм).

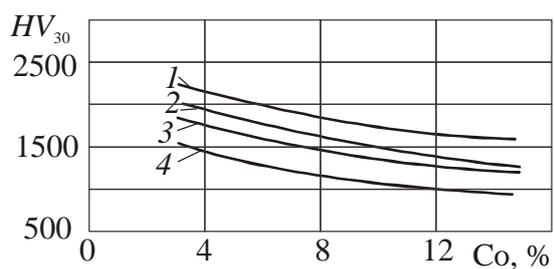
Интерес к тонкодисперсным твердым сплавам (табл. 1) объясняется тем, что с уменьшением размера зерна WC происходит существенное изменение их свойств: твердость и прочность увеличиваются, а вязкость разрушения* уменьшается (рис. 1, 2).

1. Состав и механические характеристики некоторых марок однокарбидных тонкодисперсных твёрдых сплавов

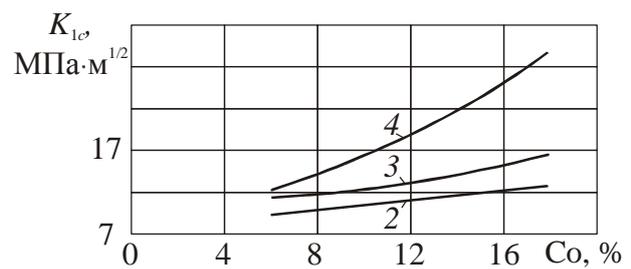
Марка	Co, % (мас.)	HRA	$\sigma_{и}$, Н/мм ²	d_{wc} d_{wc} , мкм	Плотность, г/см ³	Изготовитель
A04	9	92	3900	0,7...0,8	14,4	Кировградский завод твёрдых
A04-6	6	93	3800	0,7...0,8	14,8	

* Вязкость разрушения характеризует трещиностойкость твердого сплава и определяется величиной K_{Ic} – критическим значением коэффициента интенсивности напряжений, который служит количественной оценкой сопротивления материала хрупкому разрушению от исходных дефектов при статическом нагружении.

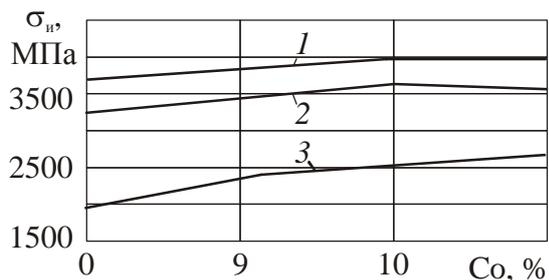
BK6-M	6	90,0	≥ 1421	До 1 (>50 %)	14,8...15,1	сплавов (Россия)
BK6-OM	6	90,5	≥ 1274	До 1 (>60 %)	14,7...15,0	
XF1	9	93,5	≥ 4000	0,2	--	Sumitomo (Япония)
AF1	12	92,5	4400	0,5	--	
H10F	10	92,1	4300	0,8	14,5	Sandvik Coromant (Швеция)
DM80	8,5	93,3	5000	0,5	14,6	
K40UF	10	92,3	>4000	0,6	14,5	Konrad Friedrichs (Германия)
K44UF	12	92,5	>4000	0,5	14,1	



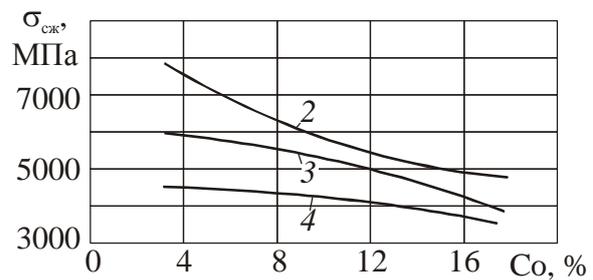
a)



б)



в)



з)

Рис. 1. Влияние размера зерна карбида вольфрама d_{WC} и содержания Co в однокарбидных твердых сплавах на: а – твердость HV_{30} ; б – коэффициент интенсивности напряжений K_{1c} ; в – предел прочности при изгибе σ_{δ} ; з – предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ (1 – $d_{WC} = 0,2...0,5$ мкм; 2 – $d_{WC} = 0,5...0,8$ мкм; 3 – $d_{WC} = 0,8...1,3$ мкм; 4 – $d_{WC} = 1,3...2,5$ мкм)

(Bohlke W., Beschliesser M.)

Для достижения высоких значений твердости и предела прочности при изгибе твердых сплавов необходимо, чтобы размеры дефектов (крупные зерна

WC, поры, включения, отложения) не превышали 6...12 мкм. Поэтому современные субмикронные и ультрадисперсные твердые сплавы имеют наибольший размер микропор 10 мкм и обладают очень высокими твердостью (до 2800 HV_{30}), пределом прочности при изгибе (до 6000 МПа), износостойкостью при трении и абразивном износе, а их высокодисперсная и однородная микроструктура гарантирует малый радиус округления режущих кромок ($\rho=3...5$ мкм) и, благодаря этому, низкую шероховатость обработанных поверхностей.

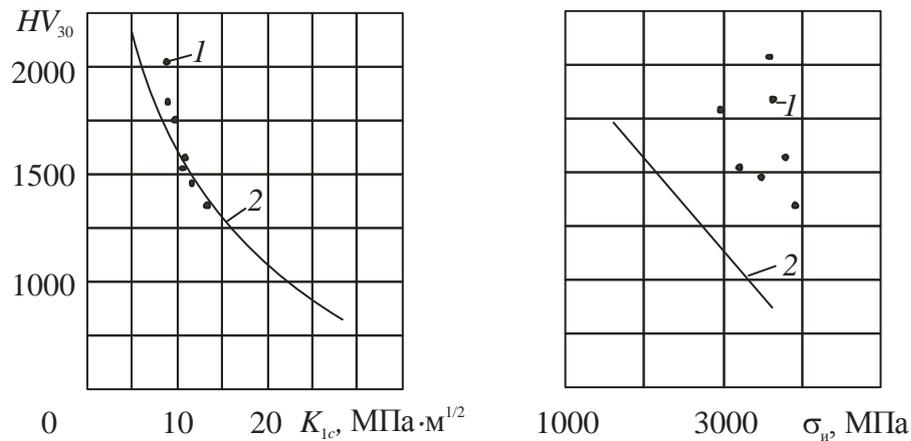


Рис. 2. Соотношения между твердостью HV_{30} , коэффициентом интенсивности напряжений K_{1c} и пределом прочности при изгибе σ_{ϵ} у однокарбидных твердых

сплавов: 1 – $d_{WC} = 0,2...0,8$ мкм; 2 – $d_{WC} = 1,3...2,5$ мкм

(Gille G., Szesny B., Dreyer K. и др.)

В то же время повышенная твердость твердых сплавов сочетается с низкой вязкостью. Такие сплавы относительно слабо сопротивляются диффузионному износу и ползучести, хотя их твердость при температурах менее 800...900 °С выше твердости обычных мелкозернистых твердых сплавов (рис. 3, а). Благодаря последнему качеству обеспечивается высокая стойкость режущих инструментов при обработке сталей и чугунов.

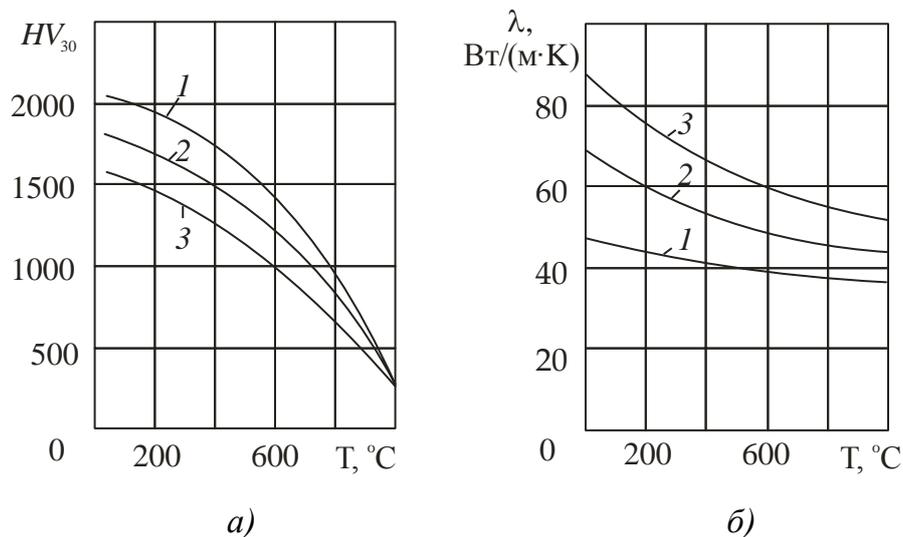


Рис. 3. Влияние размера зерна карбида вольфрама d_{WC} и температуры T на горячую твердость HV_{30} и коэффициент теплопроводности λ однокарбидных твердых сплавов: 1 – $d_{WC} = 0,2 \dots 0,5$ мкм; 2 – $d_{WC} = 0,5 \dots 0,8$ мкм; 3 – $d_{WC} = 0,8 \dots 1,3$ мкм (Gille G., Szesny B., Dreyer K. и др.)

С уменьшением размера d_{WC} зерна WC уменьшается теплопроводность твердых сплавов, характеризуемая коэффициентом теплопроводности λ (рис. 3, б). В результате тепловая нагрузка на инструмент также уменьшается, так как большая часть теплоты, образовавшейся при резании, переходит в стружку. При этом меньшая теплопроводность вызывает и меньшее сопротивление тепловому удару. Однако уменьшение теплопроводности в этом случае компенсируется увеличением предела прочности при изгибе и поэтому не сказывается отрицательно на сопротивлении инструмента тепловому удару.

При общей тенденции к снижению вязкости с увеличением твердости некоторые твердые сплавы имеют лучшее сочетание твердость/вязкость. Это объясняется различиями в их составах и структурах. По этому показателю при твердости $1900 \dots 2300 HV_{30}$ большую вязкость имеют ультрадисперсные твердые сплавы. При твердости $< 1900 HV_{30}$ субмикронные сплавы имеют еще большую вязкость.

Создание тонкодисперсных твердых сплавов потребовало разработки специальных технологий получения порошков WC, CrC, TaC и их композиций с Co, технологии компактирования таких сплавов, исследования их свойств [1–5].

В настоящее время применяют четыре технологии получения тонкодисперсных порошков WC [1, 2]:

- 1) прямая карбидизация в вертикальном реакторе с ламинарным потоком;
- 2) прямая карбидизация во вращающихся печах смеси вольфрамового ангидрида и сажи;
- 3) карбидизация металлического порошка вольфрама;
- 4) легирование редкоземельными элементами.

Тонкодисперсные порошки кобальта получают в автоклавах при давлении водорода 3,5 МПа [2, 4].

Градиентные твердые сплавы имеют высокую твердость, большие ударную вязкость и теплостойкость, а благодаря лучшей адаптации к условиям работы режущего инструмента – в 1,5...2,0 раза большую износостойкость. Они состоят из зерен карбидов переходных металлов (W, Ti и др.), образующих прочный каркас, и металлической связки (Co, Ni, Ti и др.), содержание которой непрерывно изменяется в объеме материала.

Структуру градиентных твердых сплавов получают [6]:

а) послойным прессованием твердосплавных порошков с различными содержанием металлической связки и размером зерна карбидной фазы. В результате последующего жидкофазного спекания происходит массоперенос металлической связки из слоя с большим размером зерна в слой с меньшим размером зерна, приводящий к градиенту содержания связки в сплаве;

б) формированием изделия из твердосплавной смеси WC-Co с пониженным содержанием углерода. При жидкофазном спекании последней формируется структура, содержащая фазы WC, Co и η_1 (W_3Co_3C). После этого в метано-водородной среде проводят науглероживание изделия до

исчезновения в структуре η_1 -фазы. Во время этого процесса происходит перераспределение жидкой фазы по объему изделия, в результате чего появляется изделие, у которого сердцевина имеет более высокое содержание металлической связки по сравнению с периферией;

в) спеканием изделия с однородной структурой и минимальным содержанием металлической связки. Параллельно готовят металлический расплав и им обрабатывают определенные участки изделия. Это позволяет в одних частях изделия сохранить свойства композиции с минимальным содержанием связки (высокие твердость, предел текучести, предел прочности при сжатии, износостойкость), а в других при помощи металлического расплава создать новый комплекс свойств (высокие ударная вязкость, трещиностойкость, усталостная прочность, энергопоглощаемость и др.) В результате получается композиционный материал с градиентной структурой и дифференцированными по объему свойствами.

Так градиентные твердые сплавы марок Т20...Т50, разработанные в ОАО Кировградский завод твердых сплавов (КЗТС) обладают повышенными твердостью, пределом прочности при изгибе и стойкостью (табл. 2). Их получают путем удаления при спекании с поверхности пластин γ -фазы на глубину 15...20 мкм.

2. Химический состав и основные физико-механические характеристики градиентных твердых сплавов, выпускаемых ОАО Кировградский завод твердых сплавов (ТУ 48-4205-81-2007)

Марка твердого сплава	Состав, %				$\sigma_{и}$, МПа, не менее	<i>HRA</i> , не менее	$\rho \cdot 10^{-2}$, кг/м ³	$K_{ст}$	Твердый сплав – эталон
	WC	TiC	TaC	Co					
Т20	82	3	7	8	1666	91,0	13,81-13,97	1,1	МС221
ТТ10К8-Б	82	3	7	8	1617	89,0	13,5-13,8	1,0	--
Т25	78	14	--	8	1470	90,5	11,68-11,84	2,0	Т14К8

T14K8	78	14	--	8	1274	89,5	11,2-11,6	1,0	--
T30	81	4	3	12	1764	90,0	13,8-14,0	1,5	MC146
TT7K12	81	4	3	12	1666	87,0	13,0-13,3	1,0	--
T35	81	4	3	12	1960	89,5	13,7-14,0	1,5	MC146
TT7K12	81	4	3	12	1666	87,0	13,0-13,3	1,0	--
T40	81	4	3	12	1764	89,0	13,04-13,2	1,1	MC146
TT7K12	81	4	3	12	1666	87,0	13,0-13,3	1,0	--
T50	81	4	3	12	1764	87,0	13,0-13,3	1,1	TT7K12
TT7K12	81	4	3	12	1666	87,0	13,0-13,3	1,0	--

Примечания. 1. Аналог твердого сплава марки MC221 – сплав марки TT10K8-Б, а сплава марки MC146 – сплав марки TT7K12. 2. Коэффициент стойкости ($K_{ст}$) – отношение стойкости испытуемой СМП к стойкости эталонной СМП.

Фирма *Sandvik Coromant* (Швеция) выпускает твердые сплавы с градиентной кобальтовой структурой подложки [5]. При этом толщина кобальтового слоя на поверхности пластины увеличивается в ряду сплава марок GC4235 – GC4225 – GC4215 – GC4235 – GC4205. В результате градиент по содержанию кобальта для подложки сплава GC4205 обеспечивает высокую вязкость пластины, а сплава GC4235 – повышенную износостойкость. Подобные твердые сплавы выпускает фирма *Kennametal* (США) и др. Фирма *Newcomer Products* (США) выпускает пластины из твердого сплава марок N003, N308, NFN20, у которых передняя поверхность, соприкасающаяся со стружкой, имеет повышенное содержание TiC [5]. Благодаря этому такие пластины обладают увеличенным сопротивлением высокотемпературным процессам, имеющим место при резании.

Библиографический список

1. Андреев В.Н., Боровский Г.В., Молодых С.У., Фальковский В.А. Совершенствование твердого сплава режущего инструмента // Технология машиностроения, 2012. № 2. С. 30–34.

2. Фальковский В.А., Боровский Г.В. Твердые сплавы на основе карбида вольфрама с нанозернистой и ультратонкой структурой // Цветные металлы, 2010. № 5. С. 106–112.
3. Гусев А., Курлов А. Твердые сплавы сегодня и завтра // Металлы Евразии, 2005. № 2. С. 42–45.
4. Фальковский В.А., Фальковский Ф.И., Панов В.С. Нано- и ультрадисперсные твердые сплавы // Цветные металлы, 2007. № 10. С. 85–91.
5. Фальковский В.А., Боровский Г.В., Клячко Л.И. и др. Обзор: твердые сплавы с градиентной структурой. Теория и практика // Цветные металлы, 2012. № 8. С. 96–102.
6. Лисовский А.Ф. Формирование градиентной структуры в спеченных твердых сплавах (обзор) // Сверхтвердые материалы, 2010. № 4. С. 36–53.
7. Лисовский А.Ф. Формирование структуры композиционных материалов при обработке металлическими расплавами. –Киев: Наукова думка, 2008. –199 с.