

Выражения для  $w, M_t, T_t$  согласно формулам (2) – (5):

$$w = -\frac{pr^2 \beta}{2Eh} e^{-\beta x} (\sin \beta x + \cos \beta x);$$

$$M_x = -\frac{P}{4\beta} e^{-\beta x} (\sin \beta x + \cos \beta x);$$

$$M_t = \mu M_x;$$

$$T_t = -\frac{Pr \beta}{2} e^{-\beta x} (\sin \beta x + \cos \beta x); T_x = 0.$$

Эпюры  $w, M_x, T_t$ , построенные при  $r = 100h, \mu = 0,3$ , приведены на рис. 3.

Анализ эпюр внутренних усилий показывает, что при воздействии на оболочку кольцевой нагрузкой тангенциальные напряжения быстро затухают, не распространяясь далеко от места приложения усилия, меридиональные - отсутствуют вовсе. Данное решение дает наглядную картину напряженного состояния в зоне упругой деформации. Можно предположить, что положение не изменится и при переходе материала за предел упругости, т.е. меридиональные напряжения будут отсутствовать при пластической деформации, это подтверждается исследованиями Е.А. Попова [1] для обжима цилиндрических заготовок.

Для уточнения напряженно-деформированного состояния при профилировании цилиндрических заготовок необходимо использовать теорию оболочек, что даст возможность более рационально влиять на очаг деформации с целью получения качественных и изделий.

**Список литературы:** 1. Потехушин Н. Экспериментальное исследование процесса формообразования профилированных ободьев [Текст] / Н. Потехушин // Автомобильная промышленность. – 1977. – № 1. – С. 33–36. 2. Попов Евгений Александрович, Основы теории листовой штамповки [Текст] / Е. А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977.- 278 с. 3. Тимошенко С.П. Пластинки и оболочки [Текст] / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. - М.: Наука, 1966. – 635 с.

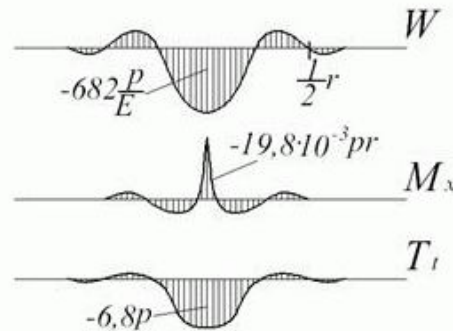


Рис.3. Эпюры внутренних усилий

Поступила в редколлегию 06.12.2011

УДК 621.791.92

**М.Г. ЕФИМЕНКО**, докт.техн.наук, УИПА, Харьков  
**О.М. ЛЯПУНОВ**, канд. техн. наук, УИПА, Харьков

## НАПЛАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ РАБОЧИХ КРОМОК ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Розроблено склад наплавочного матеріалу. Легування виконували шляхом введення легуючих елементів і 30 % відходів від заточки ріжучого інструменту у покриття електродів. Досліджені структура, фазовий склад, вплив ванадію та термічної обробки на твердість. Проведена

промислово апробація наплавочного матеріалу при зміцненні штампового інструменту. Установлена економічна доцільність його використання.

**Ключові слова:** штамповий інструмент, наплавочний матеріал, наплавка, відходи від заточки різцевого інструменту, електродне покриття, твердість.

Разработан состав наплавленного материала. Легирование осуществляли путем ввода легирующих элементов и 30% отходов от заточки резцового инструмента в покрытие электродов. Исследованы структура, фазовый состав, влияние ванадия и термической обработки на твердость. Проведена промышленная апробация наплавленного материала при упрочнении штампового инструмента. Установлена экономическая целесообразность его применения.

**Ключевые слова:** штамповый инструмент, наплавочный материал, наплавка, отходы от заточки резцового инструмента, электродное покрытие, структурные исследования, твердость

Composition of buildig-up material is developed. Alloying was carried out by the input of alloying elements and 30% wastes at sharpening of cutter tools in coverage of electrodes. A structure, phase composition, influence of vanadium and heat treatment on hardness, is probed. Industrial approbation of buildig-up material is conducted at consolidating of stamping tool. Financial viability of his application is set.

**Keywords:** stamping tool, buildig-up material, buildig-up, wastes at sharpening of cutter tool, electrode coverage, structural researches, hardness

Інструменту в кузнечно-штамповочном виробництві обрєзніє, отрєзніє, вирєбніє і ковчєніє штампи, матрици і др., вишедший из строя по причине образования дефектов (трєцины, отколы, выкрашивания, потеря размеров), изготовленные из стали 6ХНТ, 5ХНМ, 5ХНВ и др. рекомендується восстанавливати путєм електродугової наплавки. Наиболее эффективным является применение для этих целей электродов марок ОЗИ-2, ОЗИ-3, ОЗИ-6. При автоматическом способе наплавки под слоем флюса или полуавтоматическом в среде защитных газов применение проволоки 40ХЗВ10МФГТ, 65ХЗВ10МФГТ и др. Для наплавки поверхностных слоев, контактирующих непосредственно горячим металлом используют сплавы, содержащие кобальт.

Вместе с тем содержание в металле большого количества остродефицитных и дорогих W, Mo, V, Co нивелирует эффект применения восстановительных технологий.

На машиностроительных предприятиях, где используют значительные объємы резцового инструмента из сталей Р9, Р18, Р6М5, Р9Ф5, а также из сплавов Т15К6, Т30К4, ВК-8 и им подобных скапливается большое количество отходов от заточки. Содержание в образовавшихся отходах значительного количества неметаллического компонента затрудняет их дальнейшее использование.

Целью данного исследования явилось разработка наплавочного материала (наплавочных Электродов) с использованием в качестве легирующей добавки в состав покрытия электродов указанных отходов.

Ставилась задача создания износостойкого наплавочного материала высокой твердости и теплостойкости, способного выдерживать значительные циклические нагрузки. Электрод должен обладать хорошими технологическими свойствами –

легким зажиганием дуги, хорошим формированием шва и отделимостью шлаковой корки, отсутствием порообразования.

### **Методика проведения исследований**

Для исследований изготавливались варианты электродов с покрытием фтористо-кальциевого типа, в качестве раскислителей вводились FeSi, FeMn, FeTi и графит. Карбидообразующие элементы – Cr, V, частично Mo вводились также в виде ферросплавов.

Известно, что присутствие в составе покрытия фтористого кальция дестабилизирует горение дуги [1, 2], резко ухудшает технологические свойства электродов. Для нивелирования отрицательного эффекта в состав покрытия вводился FeTi (3 -5%). Обладая большим сродством к кислороду титан интенсивно раскисляет шлак, повышает термоэмиссионную способность [3], образуя гамму низших оксидов [4], характеризующихся малой работой выхода электронов с поверхности расплавленной ванны. Модифицирование карбидной фазы производили путем введения в состав электродного покрытия 0,5% оксида иттрия. [5] В качестве электродных стержней использовали проволоку СВ-08А. В покрытие вводилось 28 - 32% отходов от заточки режущего инструмента.

Как известно, заточку режущего инструмента производят на абразивных кругах из карбида кремния. Поэтому основу отходов составляет карбид кремния. Химический состав отходов зависит от химического состава затачиваемого инструмента.

В экспериментах использовали отходы следующего химического состава, мас. % карбид кремния 30 – 40%; карбид вольфрама 7 – 11%; карбид титана 0,7 – 1,2%; углерод ~ 0,1%; карбид молибдена 0,8 – 1,1%; кобальт 0,8 – 1,2%; железо 30 – 40%.

В связи с тем, что химический состав партий отходов различный, для получения прогнозируемого химического состава наплавленного металла в состав покрытия вводились компенсирующие добавки в виде ферросплавов за исключением кобальта.

Экспериментальные электроды изготавливали прессовым способом в промышленном производстве. Диаметр электродов – 4 мм.

Исследованию подвергали наплавленный экспериментальными электродами металл на пластины 100 X 100 X 20 мм. Высота многослойной наплавки  $h = 5 - 7$  мм. Часть пластин с наплавками подвергали однократному и двухкратному отпуску при температуре 560 °С с выдержкой при этой температуре 1 час и последующим охлаждением на воздухе.

Металлографические исследования, замер твердости и микротвердости проводили на темплетах, вырезанных со средней части наплавки.

Карбидную фазу, структурные составляющие изучали рентгенографическим методом.

### **Результаты исследований**

Для исследований за основу был принят один из вариантов разработанного сплава химического состава (%, мас): C = 0,7 – 0,8; Mn = 0,4 – 0,6; Si = 2,3 – 2,5; Cr = 1,0 – 1,4; Mo = 2,8 – 3,0; W = 2,0 – 2,4; V = 1,3 – 1,6; Ti = 0,1 – 0,15;

Co = 0,2 – 0,4; S, P ≤ 0,001; Y – следы; Fe – остальное.

Известно, что введение в состав вольфрамомолибденовых сталей ванадия приводит к измельчению зеренной структуры [6], повышает жаропрочность и твердость при отпуске [7].

Для определения оптимального содержания ванадия исследовалось его влияние на изменение твердости наплавленного металла.

Исследованиями установлено, что введение в экспериментальный материал ванадия приводит к монотонному повышению твердости и (рис. 1, кривая 1) вместе с тем при повышении его содержания начиная с 2% приводит к ухудшению обрабатываемости наплавленных слоев механическим способом, в связи с чем максимальное содержание его в наплавочном материале, который подвергался дальнейшим исследованиям было ограничено 1.6 %

Микроструктура после наплавки представлена мартенситом, избыточными карбидами, расположенными как по границам зерен в виде сетки (рис. 2,а), так и внутри зерен и незначительным количеством  $\delta$ -феррита.

Рентгенографическим анализом выявлено наличие карбидов  $W_2C$ ,  $Mo_2C$ , эвтектики  $\Sigma W + Mo$  и ~ 10 – 12 % аустенита. Твердость наплавленного металла 51 – 52 HRC. Микротвердость матрицы  $H_{\mu 50}$  360 – 380. Однократный отпуск привел к увеличению твердости до 56 – 57 HRC (рис.1, кривая 2). В микроструктуре металла увеличилось количество игольчатого мартенсита (качественный анализ) и уменьшилось количество аустенита до 6 – 7 %. Повторный отпуск по указанному режиму привел к дальнейшему, хотя и незначительному росту твердости (рис.1, кривая 3), и уменьшению аустенита до 4% и, соответственно, увеличению доли мартенсита. Повышение твердости объясняется увеличением количества карбидной фазы и образование с ложных

карбидов с участием ванадия. Пограничная контрастная сетка карбидов после повторного отпуска становится размытой (рис.2, б). Приведенный эффект вторичной закалки согласуется с данными, описанными в работе [7].

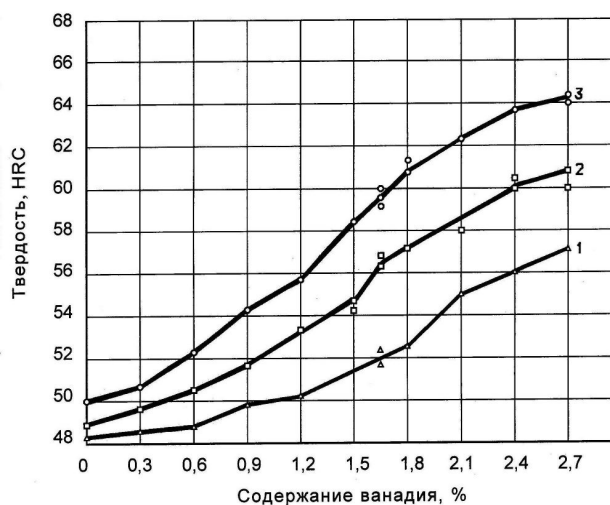


Рис. 1. Влияние содержания ванадия на твердость металла: 1 – после наплавки; 2 – после отпуска при 560 °С, 1 час; 3 – после повторного отпуска 560 °С, 1 час

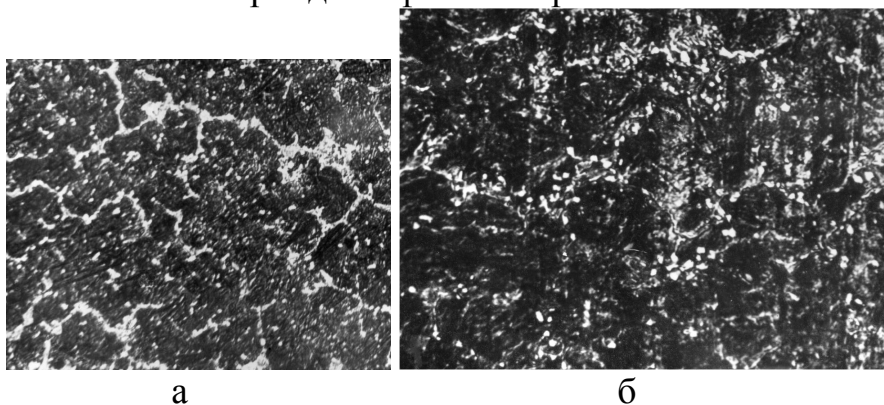


Рис. 2. Микроструктура наплавленного металла: а – после наплавки; б – после термообработки. х 500

Таким образом двухкратный отпуск металла в состоянии после наплавки является оптимальным вариантом, так как обеспечивает высокую твердость, а незначительное содержание остаточного аустенита необходимую пластичность.

Производственной проверке на ГП «Завод им. Малышева» подвергались обрезные штампы, матрицы из сталей 40Х, 45, 5ХНМ, 5ХНВ с наплавленными рабочими кромками. После наплавки (рис. 3 а) кромки обрабатывались абразивным инструментом, а после двухкратного отпуска проводилась доводка режущих кромок до требуемого размера (рис. 3,б). При сравнении стойкости установлено, что срок службы матриц при холодной обрезке обля, изготовленных из стали 40Х и упрочненным разработанным сплавом в 3 -5 раз выше, чем матриц из стали 5ХНМ. Стойкость наплавленных матриц при горячей обрезке обля ещё выше (в 6 -8 раз). Материал и технология упрочнения штампового инструмента внедрены в промышленном производстве.

### Выводы

Экспериментально показана и практически подтверждена возможность и целесообразность

использования

отходов от заточки

твердосплавного

резцового инструмента

в наплавочных

материалах,

применяемых для

упрочнения рабочих

кромки штампового

инструмента.

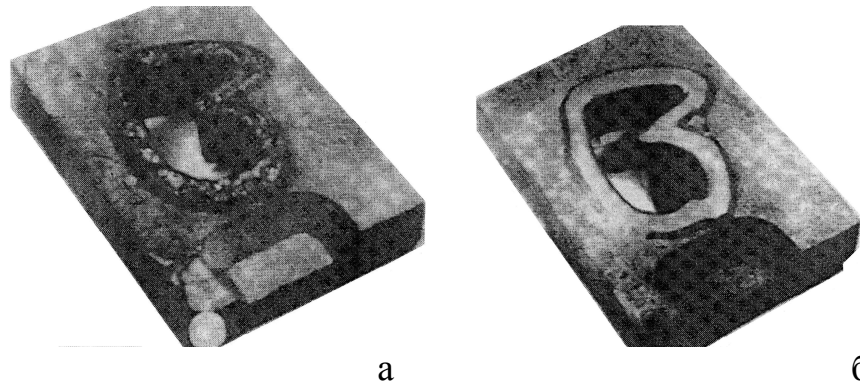


Рис. 3. Обрезная матрица из стали 45 с упрочненной рабочей поверхностью: а – после наплавки; б – после двухкратного отпуска и механической обработки

**Список литературы:**1. Шафранский Л.Г., Абрашин А.В. Денонизирующее влияние плавикового шпата при сварке электродами фтористо-кальциевого типа. // Сварочное производство. – 1974. – № 12. – С. 12. 2. Tsuboi J., Sasaki H. Interruption Mechanism of the Covered Elektrode-Arc. // Trans. Jap. Weld. Soc. – 1971. – 2, N 2. – P.62 – 69.3. Металлургия дуговой сварки: Процессы в дуге и плавление электродов / И.К. Походня, В.Н. Горпенюк, С.С. Миличенко и др.: Под ред. И.К. Походни; АН УССР, ИЭС им. Е.О. Патона. – Киев: Наук. думка, 1990. – 224 с.4. Денисов С.И. Электротермия титановых шлаков. – М.: Металлургия, 1970. – 174 с.5. Ефименко Н.Г. Модифицирование, рафинирование и легирование иттрием применительно к сварке сталей. // Автомат. сварка. – 2002. – № 6. – С. 26 – 27.6. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1986. – 542 с.7. Лившиц Л.С., Гринберг Н.А., Куркумели Э.Г. Основы легирования наплавленного металла. – М.: Машиностроение, – 1969. – 260 с.

Поступила в редакцию 06.12.2011