

УДК 621.791.793

Н.В. Королев, нач. технического бюро литейного цеха, инженер,

ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь»

И.М. Билоник, доцент, канд. техн. наук,

Запорожский национальный технический университет

И.А. Серых, зам. нач. литейного цеха по механо-энергослужбе, инженер,

ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь»

А.А. Шумилов, доцент, канд. техн. наук,**П.К. Штанько, доцент, канд. техн. наук,****С.Н. Попов, профессор, канд. философ. наук**

Запорожский национальный технический университет

E-mail: mech@zntu.edu.ua

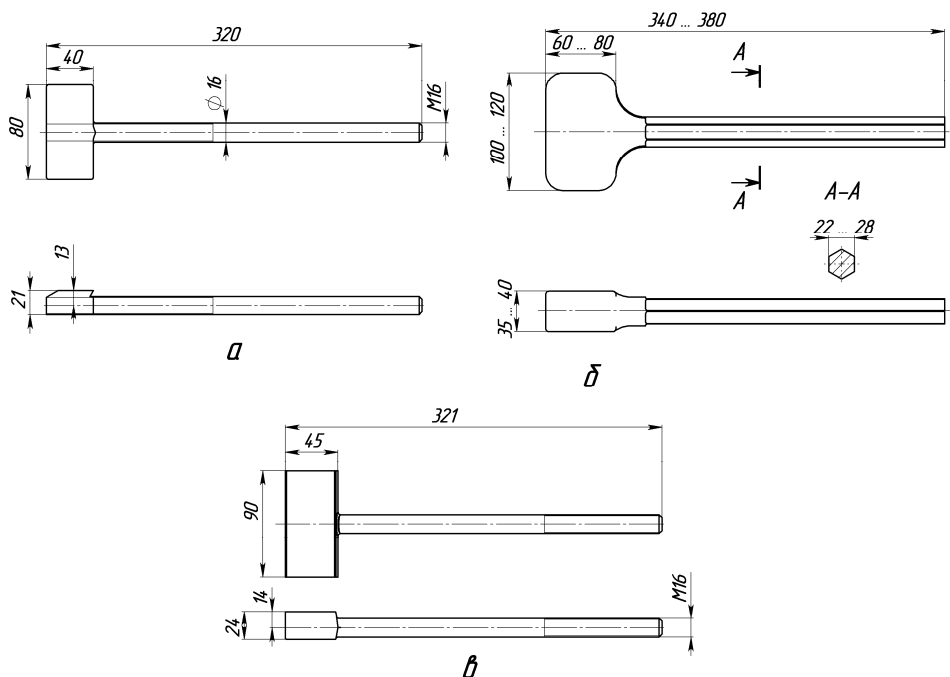
**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПРИПЛАВЛЕНИЯ
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК НЕСТАНДАРТНЫХ КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Предложена технология электрошлакового приплавления для получения заготовок нестандартных крепежных изделий на примере спецболтов нестандартного пескомета 2ПН-40. Выбрана схема получения заготовки. Изготовлена специализированная оснастка для электрошлакового приплавления, обеспечивающая повышенную надежность детали и минимальные припуски на механическую обработку. Получена опытная партия спецболтов методом электрошлакового приплавления. Проведены исследования структуры и свойств.

Ключевые слова: электрошлаковое приплавление, спецболт, кристаллизатор, структура, свойства.

Введение

При механизированной формовке изложниц для разливки стали в литейном цехе ОАО «Запорожсталь» используют пескометы нестандартные 2ПН-40. Формовочная смесь подается в форму метательной головкой. Спецболты, удерживающие метательный ковш и защитную дугу, являются ответственными высоконагруженными деталями. Стержень болта испытывает динамические нагрузки растяжения и изгиба. Головка болта испытывает изгибающие нагрузки и абразивный износ. Аналогичные спецболты установлены в пескометах модели 296М в отделении стального фасонного литья. Подобные конструкции спецболтов, специальных гаек и винтов применяют в металлургическом и станочном оборудовании, в автомобильной и дорожно-строительной технике. Спецболт, удерживающий защитную дугу пескомета 2ПН-40, представлен на рисунке 1, а.



а) – спецболт пескомета; б) – заготовка из поковки;
в) – заготовка, полученная электрошлаковым приплавлением

Рисунок 1 – Спецболт (деталь и заготовки)

1. Матеріали і методи виготовлення спецболтов

Для забезпечення потрібних механічних властивостей заготовку спецболта отримують вільною ковкою з сортового прокату, матеріал – сталь 45 ГОСТ 1050-88. Спочатку формують головку спецболта, потім отковують шестигранний хвостовик (рисунки 1, б). Механічні властивості заготовки регламентовані ГОСТ 8479-70 "Поковки з конструкційної углеродистої та легированої сталі". Заготовка має масу 2,6 кг. Деталь має масу 0,48 кг. В відходи в формі стружки та обрізи йде до 80% металу заготовки, що конструктивно обумовлено різким зменшенням площі поперечного перерізу спецболта. Таким чином, витрати коефіцієнти по металу зростають до 4-6 раз порівняно з нормами витрати металу при виготовленні стандартних кріпежних виробів.

Крім того, при наступній механічній обробці кованої заготовки відбувається подрезання отриманих при ковці волокон металу, що може викликати виникнення осередку втомленого руйнування в місці різкого зменшення площі поперечного перерізу (головка – стержень). Слід також відзначити, що провокувати втомлене руйнування в небезпечному перерізі можуть неметалічні включення, що містяться в прокаті з сталі 45 ГОСТ 1050-88.

Поэтому весьма актуальной задачей является повышение надежности нестандартных крепежных изделий, снижение материальных, трудовых и энергетических затрат при их изготовлении. Технология изготовления крепежных деталей предопределяет их механические и эксплуатационные свойства и является решающим фактором в формировании прямых затрат при производстве. Одной из технологий получения заготовок деталей с резким изменением площади поперечного сечения является технология электрошлакового приплавания. Важной особенностью деталей, полученных методом электрошлакового приплавания, являются высокие механические свойства, как наплавленного металла, так и металла зоны приплавания и повышенная чистота по неметаллическим включениям. Эти факторы предопределяют высокую надежность изделий.

Классическими примерами применения технологии электрошлакового приплавания являются заготовки кривошипов для получения полусоставных коленчатых валов судовых дизельных двигателей. Кривошипы изготавливают путем последовательного приплавания коренных и шатунных шеек к щекам коленвала [1–3]. Методом электрошлакового приплавания получают заготовки деталей ходовой части электровозов типа серьга (сталь 45), крестовина (сталь 12ХН3А), уравнильная муфта (Ст 6) [4, 5] и другие машиностроительные детали ответственного назначения [6]. Поэтому, для получения заготовок спецболтов было предложено применить технологию электрошлакового приплавания. Заготовка спецболта, получаемая по данной технологии представлена на рисунке 1, в.

На первом этапе данной работы возникла необходимость выбора схемы приплавания, проектирования и изготовления оснастки. Для получения заготовок спецболтов были рассмотрены различные схемы электрошлаковых технологий. Наиболее приемлемая схема – вертикальное приплавание головки болта к стержню, которым является предварительно изготовленная шпилька М16 из сортового проката. Формирование головки происходит в специальном кристаллизаторе с боковым отверстием для установки шпильки (рисунки 2).

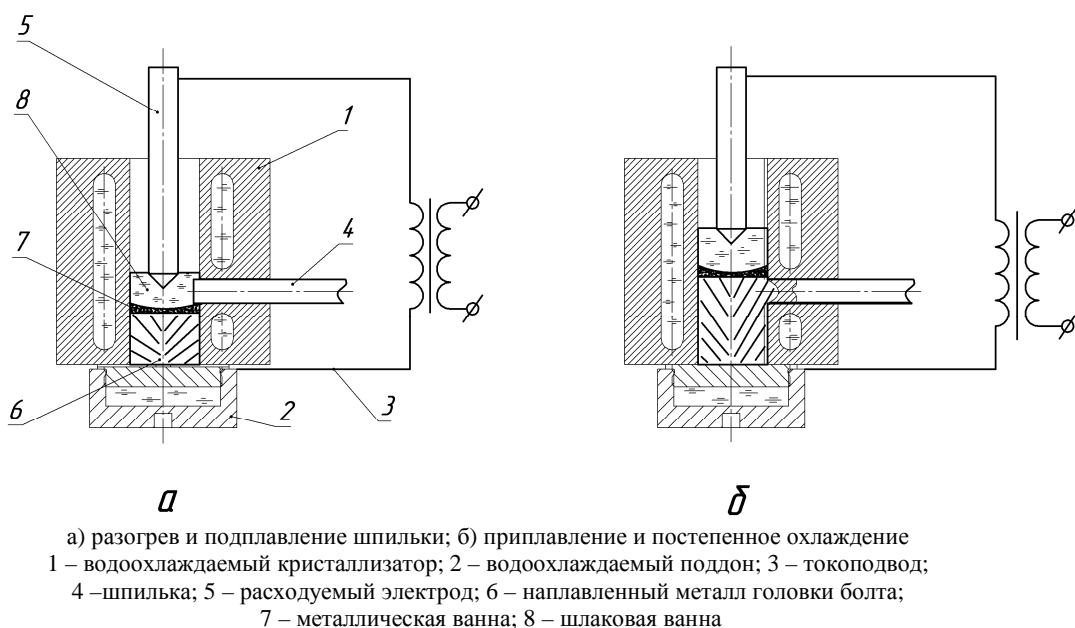


Рисунок 2 – Схема получения заготовки спецболта методом электрошлакового приплавания

2. Специальная оснастка

Для получения заготовок спецболтов методом электрошлакового приплавления изготовили специальную оснастку. В основу конструкции заложена схема разъемно-поворотного кристаллизатора.

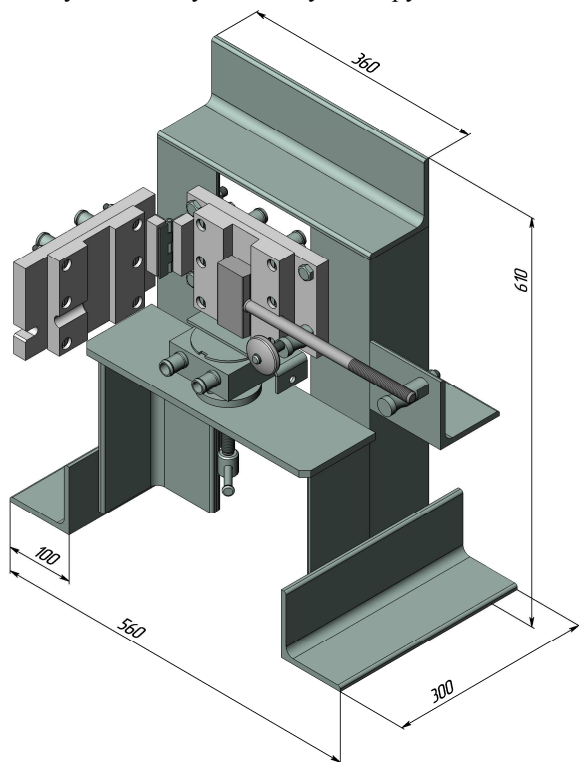


Рисунок 3 – Конструкция оснастки

Оснастка (рисунок 3) состоит из пространственной рамы, к которой крепится неподвижная часть водоохлаждаемого кристаллизатора. Поворотная водоохлаждаемая часть установлена на неподвижной части с помощью петли. В закрытом состоянии поворотная часть фиксируется гайкой. Водоохлаждаемый поддон имеет винтовой прижим и токоподвод. Для быстрой и точной установки шпильки предусмотрены эксцентриковые опоры. Диаметр отверстия в кристаллизаторе на 1,5–2 мм больше, чем диаметр шпильки, что позволяет компенсировать деформации, возникающие при наплавлении головки. Эксцентриковые опоры позволяют устанавливать шпильку с предварительно рассчитанным смещением и корректировать смещение по результатам опытных плавов.

На установке А-550 была получена опытная партия спецболтов. Материалом для расходного электрода и приплавляемой шпильки использовался сортовой прокат из стали 45 ГОСТ 1050-88. Флюс – АНФ-6, ток переменный, $I = 800 \dots 850$ А, $U = 42$ В. Термообработка произведена в соответствии с рекомендациями [7].

3. Исследование химического состава, структуры и свойств опытных спецболтов

Химический состав

При приплавлении стали 45 к стали 45, по данным химического анализа, содержание углерода, марганца, хрома, никеля и серы для основного, наплавленного металлов и металла зоны приплавления находятся в пределах химического состава стали 45. В наплавленном металле отмечено снижение содержания серы (таблица 1).

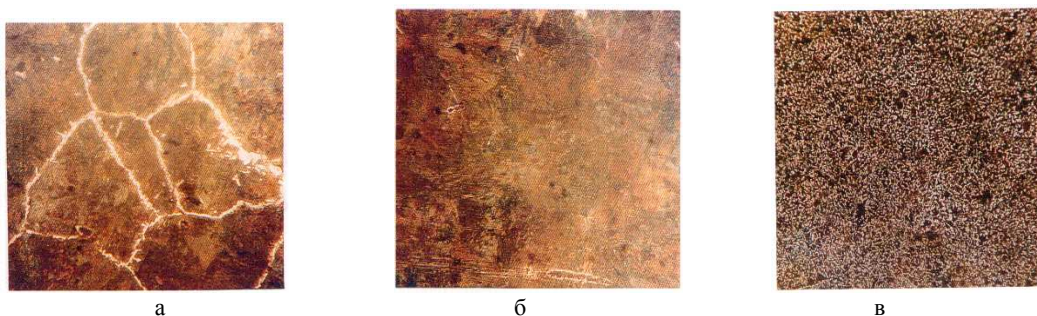
Таблица 1 – Химический состав металла при приплавлении стали 45 к стали 45

Марка стали, ГОСТ	Содержание элементов, %						
	C	Si	Mn	Не более			
				P	S	Cr	Ni
Сталь 45 ГОСТ 1050-88	0,42...0,5	0,17...0,37	0,50...0,80	0,035	0,040	0,25	0,25
Наплавленный металл, сталь 45 (головка)	0,42	0,30	0,62	0,027	0,017	Менее 0,10	
Зона сплавления, сталь 45	0,43	0,28	0,65	0,028	0,018		
Шпилька, сталь 45 ГОСТ 1050-88	0,45	0,27	0,67	0,031	0,025		

Микроструктура

При исследовании микроструктуры наплавленного металла (головки) и металла зоны приплавления установлено, что зерна наплавленного металла (головки) до термической обработки имеют больший размер и отличаются ферритной окантовкой по границам зерен (рисунок 4, а); зерна металла приплавления имеют переходную структуру (рисунок 4, б).

После закалки и отпуска, проведенных согласно рекомендаций [7], зерна основного, наплавленного металлов и металла зоны приплавления имеют равномерную мелкозернистую структуру (рисунок 4, в).

Рисунок 4 – Микроструктура, $\times 150$

Механические свойства

Для обеспечения качественного сварного соединения среднеуглеродистых сталей необходим предварительный подогрев, постепенное охлаждение и последующая термическая обработка [7]. Данные условия обеспечиваются выбранной технологией получения заготовки спецболта (рисунок 2). Механические свойства опытных образцов сравнили со стандартными [7]. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Механические свойства при приплавлении стали 45 к стали 45

Марка стали, ГОСТ, термообработка	Механические свойства					
	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, МДж/м ²	НВ
Сталь 45, ГОСТ 1050-88, закалка, отпуск	700...850	490	14	–	15	–
Сталь 45Л, ГОСТ 977-88, закалка, отпуск	589	392	10	20	25	220...260
Сталь 45, ГОСТ 8479-70, закалка, отпуск	615	395	17	45	59	187...229
Сталь 45 ЭШП без термообработки	682	374	6	12	21	229...240
Сталь 45 ЭШП, закалка, отпуск	670	518	21	53	67	229...241

Следует отметить, что при проведении испытаний на разрыв, разрушение происходило по телу шпильки из сортового проката, что указывает на высокие механические свойства металла зоны приплавления.

Микротвердость

Установлено, что микротвердость как основного, так и наплавленного металла до термической обработки практически одинакова – в пределах 2300...2700 МПа, а в зоне приплавления она составляет 3200 МПа. После термической обработки (нагрев до температуры 850°C, охлаждение на воздухе, отпуск при температуре 550°C и охлаждение на воздухе) микротвердость основного металла и металла зоны приплавления составила 2200 МПа, микротвердость наплавленного металла не изменилась.

Выводы

1. Для получения заготовок спецболтов предложено применить технологию вертикального электрошлакового приплавления головки болта к предварительно изготовленной шпильке.
2. Изготовлена специализированная оснастка для вертикального электрошлакового приплавления головки болта к стержню. Оснастка предопределяет получение высококачественной цельной детали.
3. Полученные результаты исследований структуры и свойств опытной партии заготовок спецболтов подтверждают правильность выбранной технологии и схемы получения заготовок спецболтов.

Дальнейшее развитие работы предполагает расширение номенклатуры изделий, получаемых методом электрошлакового приплавления, проведение исследований по эксплуатации опытных партий изделий в условиях комбината ОАО «Запорожсталь».

Библиографический список использованной литературы

1. Медовар Б.И. Электрошлаковое литье в производстве коленчатых валов крупных судовых дизелей / Б.И. Медовар, Г.А. Бойко, Л.В. Попов // Проблемы специальной электрометаллургии. — 1979. — № 10. — С. 37–41.

2. Южанин Ж.И. Комбинированная заготовка коленчатого вала / Ж.И. Южанин, А.С. Агафонов // Проблемы специальной электрометаллургии. — 1979. — № 10. — С. 42–43.
3. Патон Б.Е. Электрошлаковое литье / Б.Е. Патон, Б.И. Медовар, Г.А. Бойко. — Киев: Наукова думка, 1980. — 192 с.
4. Петруша Ю.П. Ремонт деталей электровозов / Ю.П. Петруша, Б.С. Сперанский, Ю.А. Шульте // Литейное производство. — 1986. — № 5. — С. 16–17.
5. Петруша Ю.П. Исследование, разработка и внедрение технологии электрошлакового восстановления деталей / Ю.П. Петруша, Б.С. Сперанский // Повышение надежности и долговечности деталей машин и конструкций: сб. науч. тр. — Киев: УМК ВО, 1988. — С. 25–27.
6. Медовар Б.И. Применение электрошлаковой технологии в производстве машиностроительных деталей / Б.И. Медовар, Г.А. Бойко, И.И. Кумыш. — Киев: Наукова думка, 1978. — 192 с.
7. Зубченко А.С. Марочник сталей и сплавов / А.С. Зубченко, М.М. Колосков, Ю.В. Каширский. — Москва: Машиностроение, 2003. — 783 с.

Поступила в редакцию 20.05.2013 г.

Корольов М.В., Білонік І.М., Сірих І.А., Шумілов О.О., Штанько П.К., Попов С.Н. Застосування технології електрошлакового приплавлення для одержання заготовок нестандартних кріпильних виробів

Запропонована технологія електрошлакового приплавлення для одержання заготовок нестандартних кріпильних виробів на прикладі спецболтів нестандартного піскомета 2ПН-40. Обрана схема одержання заготовки. Виготовлене спеціалізоване оснащення для електрошлакового приплавлення, що забезпечує підвищену надійність деталі й мінімальні припуски на механічну обробку. Отримана досвідчена партія спецболтів методом електрошлакового приплавлення. Проведені дослідження структури та властивостей.

Ключові слова: електрошлакове приплавлення, спецболт, кристалізатор, структура, властивості.

Korolyov N.V., Bilonik I.M., Serykh I.A., Shumilov A.A., Shtanko P.K., Popov S.N. Application of technology of electroslag fusion to obtain billets of off-dimension fixing devices

The technology of electroslag fusion to obtain the billets of off-dimension fixing devices is proposed in accordance with the example of the special bolts of the non-standard sandslinger 2ПН-40. The scheme to obtain the billet is chosen. The specialized equipment for the electroslag fusion is made to provide the high reliability of a component and minimal machining allowances. The pilot lot of special bolts is obtained via the method of electroslag fusion. The research of the structure and properties is performed.

Keywords: electroslag fusion, special bolt, crystallizer, structure, properties.