

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ДЛЯ ИНСТРУМЕНТА ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ

Кошевой А. Д.

Очень важным фактором, определяющим работоспособность прессового инструмента для горячей обработки металла, являются механические свойства наплавленного металла, его разгрозстойкость и износостойкость при повышенных температурах. Исследования механических свойств, приведенных в данной статье, подтвердили, что наилучшие механические свойства показал наплавленный металл 40X12Г134ФТ. Данный металл обеспечивает самый высокий предел прочности и другие характеристики, которые получены за счет рационального сочетания хрома, вольфрама, углерода, которые оказывают существенное влияние на свойства материалов при высоких температурах. Об этом свидетельствуют данные испытаний на разгаро- и износостойкость, приведенные в ранее проведенных исследованиях.

Дуже важливим фактором, що визначає працездатність пресового інструменту для гарячої обробки металу, є механічні властивості наплавленого металу, його разгрозстійкість і зносостійкість при підвищених температурах. Дослідження механічних властивостей, наведених у даній статті, підтвердили, що найкращі механічні властивості показав наплавлений метал 40X12Г134ФТ. Цей метал забезпечує найвищу межу міцності та інші характеристики, які отримані за рахунок раціонального поєднання хрому, вольфраму, вуглецю, які мають істотний вплив на властивості матеріалів при високих температурах. Про це свідчать дані випробувань на разгаро- і зносостійкість, наведені в раніше проведених дослідженнях.

A very important factor in determining the efficiency of press-instrument for hot metal working, are the mechanical properties of the weld metal, its razgrostoykost and wear at elevated temperatures. Mechanical properties, in this article, have confirmed that the best mechanical properties of the weld metal showed 40H12G134FT. This metal provides the high tensile strength and other characteristics, which are obtained through a rational combination of chromium, tungsten, carbon, which have a significant influence on the properties of materials at high temperatures. This is evidenced by test data razgaro- and durability given in previous studies.

Кошевой А. Д.

канд. техн. наук, доц. каф. ОиТСП ДГМА  
tiup@dgma.donetsk.ua

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.791.927.5

Кошевой А. Д.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ДЛЯ ИНСТРУМЕНТА ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ

В настоящее время для восстановления рабочих поверхностей штампов применяется наплавка порошковой проволокой [1, 2]. В то же время, имеющиеся порошковые проволоки содержат в своем составе значительное количество дорогостоящих и дефицитных легирующих элементов [3–5]. Следовательно, разработка новых наплавочных материалов для восстановления рабочего инструмента прессового и штампового оборудования является актуальной, поэтому нами была разработана порошковая проволока, которая обеспечивала получение стали 40X12B5ФТ, которая и предлагается для обработки металла в горячем состоянии. Этот металл подвергается воздействию не только повышенных температур, но и повышенным механическим нагрузкам, поэтому к материалу, из которого он изготавливается наряду с другими требованиями, предъявляются высокие требования к его механическим свойствам.

Для удовлетворения требований по стойкости инструмента наплавленный металл в рабочем состоянии должен обладать повышенной твердостью ( $\geq 46$  НРС) и достаточными прочностными свойствами.

Последние можно характеризовать значениями предела прочности в зависимости от температуры испытания. Для испытания на растяжение применялись стандартные образцы, изготовленные из наплавленного металла. После многослойной наплавки на пластины образцы для испытания вырезались вдоль оси валика.

Для проведения испытаний на растяжение при повышенных температурах использовалось нагревательное устройство, установленное на испытательной машине по методике [6]. С этой целью головка образца помещалась в удлинительные тяги, которые частично вводятся в рабочее пространство печи.

Установка образца осуществлялась через специальное окошко в боковой поверхности печи, закрываемое в процессе нагрева и испытаний керамической вставкой. Температура рабочего пространства контролировалась с помощью термопары, горячий спай которой помещали непосредственно на поверхности испытуемого образца.

Проводились испытания на растяжение при температурах 293...873 К, т.е. в диапазоне, соответствующем рабочим температурам поверхности инструмента (рис. 1).

Сравнение предела прочности исследованных сталей и наплавки показывает, что металл наплавки разработанного состава имеет предел прочности выше, чем применяемые ранее теплостойкие стали 3Х2В8Ф и 45ХЗВЗМФС и полутеплостойкие стали 5ХНМ и 5ХНВ.

Зависимость предела прочности от температуры подтверждает преимущества наплавленного металла, особенно при высоких температурах.

В исследуемых пределах температур испытания 273–873К предел прочности металла наплавки изменяется незначительно. Это объясняется рациональным сочетанием хрома, вольфрама, углерода, которые оказывают существенное влияние на свойства материала при высоких температурах, о чем свидетельствуют также данные испытаний на разгаро- и износостойкость, а также ударную вязкость [3, 4].

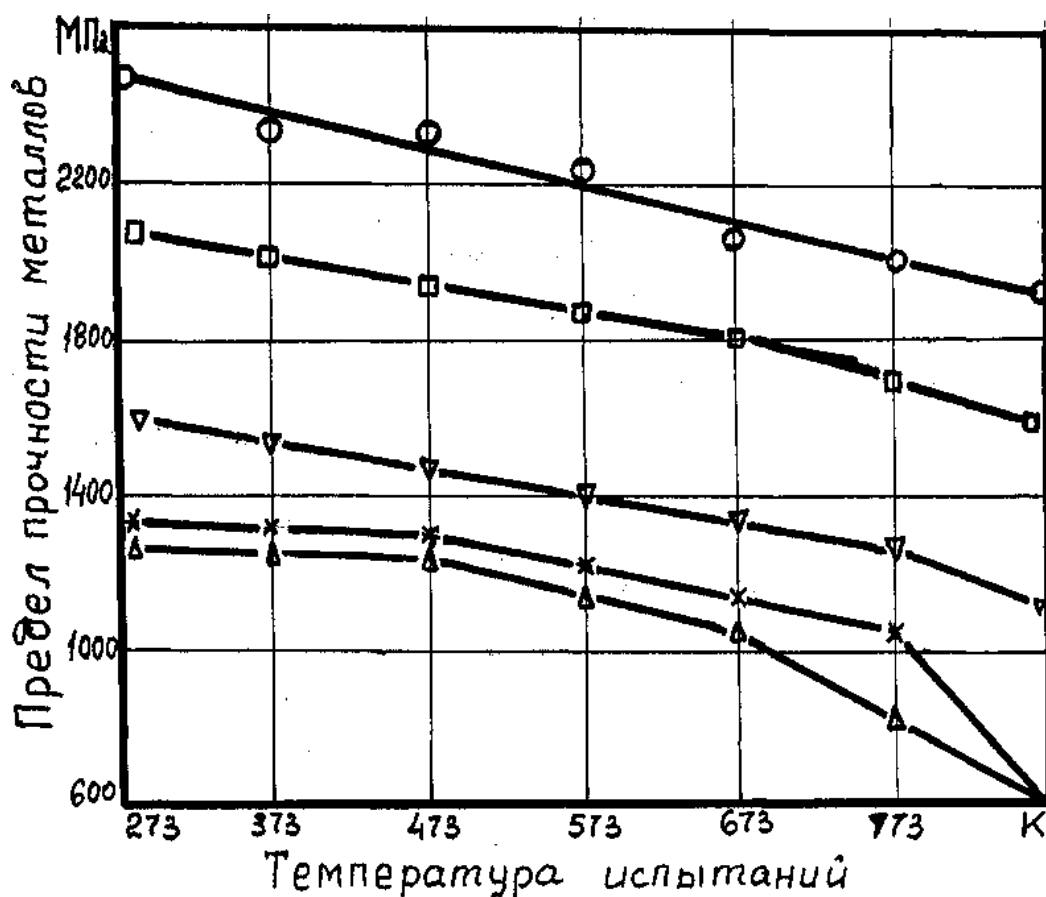


Рис. 1. Предел прочности на растяжение штамповых сталей при повышенных температурах после полного цикла термообработки

△ – 5XНМ; \* – 5XНВ; ▽ – 3X2В8Ф; □ – 5X3в.№МФС; ○ – 40X12ГВ4ФТ

Важными также являются испытания наплавленного металла в зависимости от режима термической обработки (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость структуры наплавленного металла от температуры отпуска

Шифр термической обработки	Предварительная термообработка		Температура отпуска	Структура металла наплавки	Микротвердость структурных составляющих
	отжиг	закалка			
1	2	3	4	5	6
1	1 схема	1223	823	Троостито-мартенситная с включениями карбидов	4880–5010
2	1 схема	1223	873	Троостит с включениями карбидов	3190
3	1 схема	1223	9223	Сорбит с включениями карбидов	2850–2540

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
4	1 схема	1223	973	Сорбит с включениями карбидов, мелкие участки феррита	2730
5	2 схема	1323	873	Мартенсит с включениями карбидов	5790
6	2 схема	1323	923	Сорбит с включениями карбидов	3190–2850
7	2 схема	1323	973	Сорбит, свободный феррит в стадии превращения	2850–2540 2290

В результате проведенных исследований установлено, что получение мелкодисперсного или сорбитообразного перлита в металле обеспечивается при отжиге в интервале температур 1143–1173К в течение 3–6 часов.

Для данного эксперимента нами были отобраны два варианта отжига, общим у которых является скорость нагрева (порядка 100 К/ч). По первому и второму выдержка производилась при температуре 1143К в течении трех часов. После выдержки по первому варианту образцы охлаждались со скоростью 30 К/ч до температуры 1003К, при которой назначалась изотермическая выдержка продолжительностью 3 часа, а затем охлаждались вместе с печью.

По второму варианту изотермическая выдержка не проводилась, т.е. образцы охлаждались с той же скоростью до 573К, а затем охлаждение производили совместно с печью. Твердость отожжённого наплавленного металла составляла 180–260 НВ.

Оптимальная температура нагрева стали под закалку установлена по ее влиянию на твердость, структуру и механические свойства этой стали с учетом технологии предварительного подогрева.

Изменение твердости наплавленного металла в зависимости от температуры закалки показано на рис. 2, из которого следует, что наплавленный металл обладает высокой закаляемостью.

Твердость, превышающая 48 HRC, обеспечивается при закалке в масле. Начиная с температур 1300...1333 К, с ростом температуры закалки твердость наплавки увеличивается на 3...4 HRC, а при дальнейшем повышении температуры закалки свыше 1374 К – твердость наплавки снижается, т.к. при этом, очевидно, существенно увеличивается в ней количество остаточного аустенита, а возможно, в аустените растворяются избыточные карбиды.

Твердость стали, отожженной по 2 варианту режимов и закаленной с температуры 1323...1333 К, составляет 52...53 HRC. Причем, как показали проведенные исследования, на твердость стали после закалки оказывает влияние режим предварительно проведенного отжига. В данном случае наибольшую твердость показали образцы, отожженные по второму режиму, что можно объяснить происходящими в наплавленном металле структурными изменениями.

Второй режим термообработки является удобным и с точки зрения его исполнения.

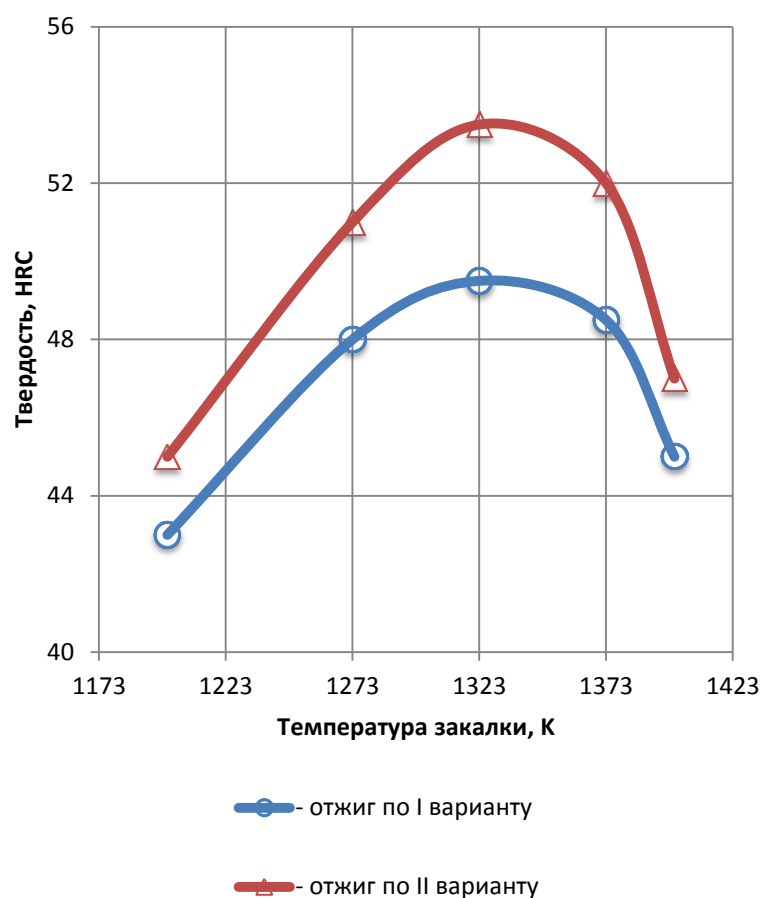


Рис. 2. Влияние температуры закалки на твердость наплавленного металла из стали 40X12ГВ4ФТ после различного предварительного отжига

Испытания на ударную вязкость, износостойкость и разгаростойкость проводились по уже известным методикам и приведены в табл. 2, из которой следует, что наиболее полно удовлетворяет требованиям по свойствам к наплавленному металлу для инструмента горячего прессования металл, подвергшийся термической обработке с шифром 5. Этот металл имеет мартенситную структуру с включениями равномерно распределенных карбидов.

Таблица 2

Свойства наплавленного металла, прошедшего различную термическую обработку

Марка термической обработки	Ударная вязкость, МДж/м <sup>2</sup>	Износостойкость	Разгаростойкость, циклов
1	2	3	4
1	4,6	5,33	1000
2	4,6	5,61	1050
3	5,0	5,27	1050
4	5,0	5,21	1100
5	4,9	5,39	1100
6	5,2	5,17	1100
7	5,0	5,09	1150

Сорбитная структура, свойственная другим режимам термической обработки наплавленного металла, характеризуется меньшей твердостью, что при более высокой ударной вязкости вызывает снижение износостойкости.

Трооститная структура металла проявляет хорошую износостойкость при меньшей ударной вязкости и разгаростойкости. В целом, оптимальный состав наплавленного металла обеспечивает достаточно высокие механические свойства, которые при всех исследованных режимах термической обработки являются более высокими или аналогичными тем, которые обеспечиваются при наплавке современными наплавочными материалами.

Таким образом, наиболее высокие показатели свойств наплавленного металла обеспечиваются при его термической обработке, обеспечивающей получение мартенситной структуры с включениями карбидов.

### ВЫВОДЫ

1. Металл, наплавленный разработанной сталью 40X12ГВ4ФТ, обеспечивает самый высокий предел прочности при испытании в исследуемом диапазоне.
2. Наиболее высокие показатели свойств наплавленного металла (износостойкость, разгаростойкость, ударная вязкость) получены при его термической обработке, обеспечивающей получение мартенситной структуры с включением карбидов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Походня И. К. Сварка порошковой проволокой / И. К. Походня, А. М. Суптель, В. Н. Шлепаков. – К.: Наукова думка, 1972. – 223 с.
2. Данильченко Б. Н. Наплавна / Б. Н. Данильченко. – К.: Наукова думка, 1983. – 75 с.
3. Кошевой А. Д. Напряженно-деформированное состояние рабочих втулок горизонтальных прессов после наплавки самозащитной порошковой проволокой / А. Д. Кошевой, В. М. Карпенко, В. А. Пресняков // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії: зб. наук. праць. – Краматорськ, 1999. – С. 287–291.
4. Кошевой А. Д. Повышение износостойкости рабочих поверхностей прессового инструмента / А. Д. Кошевой, В. А. Пресняков // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії: Зб. наук. праць. – Краматорськ-Слов'янськ, 2000. – С. 473–476.
5. Кошевой А. Д. Динамика и характер износа рабочих втулок, контейнеров, горизонтальных гидравлических прессов / А. Д. Кошевой, В. А. Пресняков // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії: зб. наук. праць. – Краматорськ-Слов'янськ, 2001. – С. 80–82.
6. Бельский Е.Н. Стойкость кузнечных штампов / Е. Н. Бельский. – Минск: Наука и техника. – 239 с.