

УДК 548.24

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ, МИКРОТВЕРДОСТЬ И КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

О. М. ОСТРИКОВ, О. С. КУЗНЕЦОВА

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

Плазменная резка – один из современных методов получения изделий из металлических пластин толщиной от 3 до 200 мм [1]–[11]. Физические свойства обработанных плазмой поверхностей в настоящее время не достаточно изучены. Это связано с комплексностью энергетического воздействия плазмы на конденсированную систему, которое не ограничивается только термическим нагревом, но и взаимодействием плазмы с веществом.

Ввиду широкого применения плазменного оборудования в производстве исследование физических свойств обработанных плазмой конденсированных сред является актуальным [1]–[12].

Целью данной работы стало изучение влияния роли режимов плазменной резки на микроструктуру, микротвердость и качество обработки углеродистой стали.

Методика эксперимента

В качестве объектов исследования выступали образцы стали 3 и стали 45 размером $18 \times 28 \times 5$ мм и $18 \times 28 \times 8$ мм, полученные методом плазменной резки. Использовалась плазма двух видов. В первой преобладающим элементом являлся азот (азотная резка), во второй – кислород (кислородная резка). Скорость резки (v) изменялась в пределах от 220 до 730 мм/мин при силе тока 30 А.

После плазменной резки на поверхности образцов образовывались наплывы в виде капель металла, отрицательно сказывающихся на качестве обработки. Измерялась доля этих наплывов по отношению к объему образцов. При этом использовалось расчетное соотношение

$$\eta = \frac{V_n}{V_{обр}} \cdot 100 \%,$$

где V_n – объем всех наплывов на образце; $V_{обр}$ – объем образца.

Микротвердость измерялась с помощью микротвердомера ПМТ-3 с использованием алмазной пирамидки Виккерса при нагрузке на индентор 1 Н [13], [14]. Изучалась зависимость микротвердости от глубины проникновения индентора [15].

Микроструктура приповерхностных слоев изучалась с использованием метода избирательного травления [13], [14]. Строилось распределение величины зерен по размерам. Велась съемка поверхности образцов с помощью растрового электронного микроскопа NANOLAB-7.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлена зависимость удельного объема наплывов от скорости резки. Видно, что с увеличением скорости резки качество обработки улучшается. При малых скоростях резки расплавленный металл успевает образовать на поверхности заготовки капли большего объема, чем при более высоких скоростях резки. Эта закономерность может быть описана эмпирической зависимостью

$$\eta = \frac{\alpha}{v^n},$$

где α и n – эмпирические коэффициенты, определяемые из зависимостей, представленных на рис. 1.

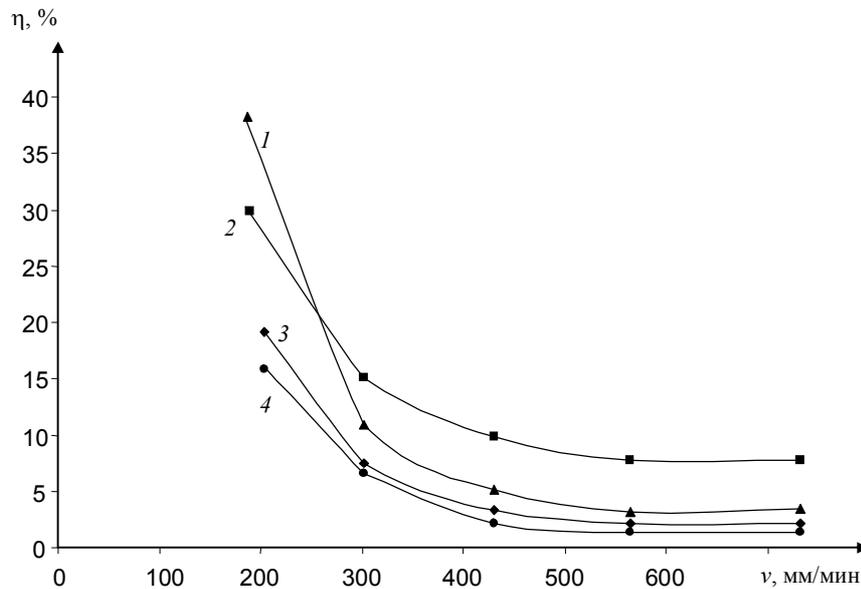


Рис. 1. Зависимость удельного объема наплывов от скорости резки: 1 – кислородная резка, сталь 3 толщиной 8 мм; 2 – кислородная резка, сталь 3 толщиной 5 мм; 3 – азотная резка, сталь 3 толщиной 5 мм; 4 – кислородная резка, сталь 45 толщиной 8 мм

Согласно полученным данным возможны практические рекомендации по использованию большой скорости резки для устранения недостатка обработки, связанного с образованием наплывов. Однако из вида зависимости, представленной на рис. 1, можно заключить, что нет смысла в значительном увеличении скорости резки, так как при скоростях резки свыше 450 мм/мин качество обработки улучшается незначительно.

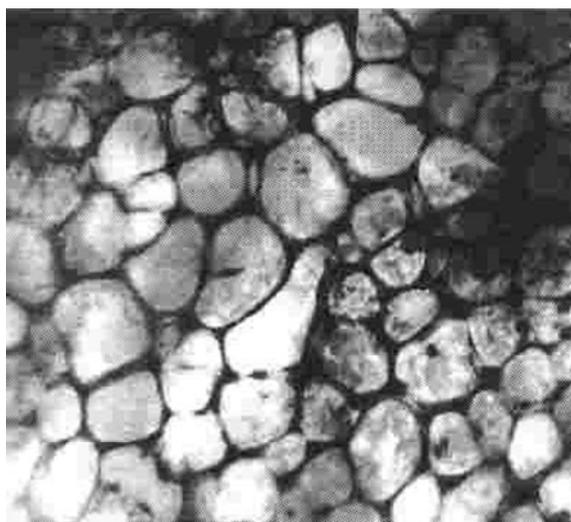
На рис. 2 представлены результаты растровой электронной микроскопии поверхности стали 45 в исходном состоянии (рис. 2, а) и после кислородной резки со скоростью 730 мм/мин (рис. 2, б). Видно, что энергетическая обработка приводит к существенному уменьшению размера зерна. Если в исходном состоянии размер зерна составлял 20–30 мкм, то после кислородной резки его размер уменьшился почти в сто раз. Результаты влияния энергетической обработки на эволюцию размера зерна (l) в исследуемых образцах представлены в таблице. В исходном состоянии наименьший размер зерна имела сталь 45 (см. таблицу), а наибольший – сталь 3. В результате кислородной и азотной резки размер зерна уменьшился во всех образцах. Это можно объяснить закалочными эффектами, связанными с отводом тепла от образцов на металлические детали оборудования, на котором осуществлялась резка.

Из таблицы видно, что чем меньше толщина образца, тем меньше у него размер зерна после энергетической обработки. Это обусловлено большими скоростями охлаждения более тонких образцов из-за более эффективного отвода от них тепла, чем от более массивных образцов. Следствием этого и является меньший размер зерна у стали толщиной 5 мм, чем у стали толщиной 8 мм (см. таблицу).



10 мкм

а)



0,1 мкм

б)

Рис. 2. Результаты растровой электронной микроскопии с помощью NANOLAB-7 поверхности стали 45 в исходном состоянии (а) и после кислородной резки при скорости резки 730 мм/мин (б)

Уменьшение размера зерна приводит к увеличению микротвердости углеродистой стали [10], что, в частности, следует из сопоставления результатов, представленных в таблице и на рис. 3. Видно, что наибольшей твердостью обладает сталь 45, подвергнутая кислородной резке (рис. 3). Несколько меньшую твердость имеет сталь 3 после азотной резки. Можно предположить, что на это наложило влияние азотирование приповерхностного слоя, так как кислородная резка такого же образца из стали 3 толщиной 5 мм приводит к меньшим значениям твердости. Наименьшую

микротвердость имеет сталь 3 толщиной 8 мм, что можно связать с наибольшим размером зерна у данного образца (таблица).

Зависимость размера зерна в стали от режимов ее резки

Образец	Размер зерна l (мкм) при следующей скорости резки v (мм/мин)			
	исходный	220	470	730
Сталь 3 толщиной 5 мм (плазменная резка)	30,1	2,54	1,09	0,32
Сталь 3 толщиной 5 мм (кислородная резка)	30,1	3,80	1,78	0,63
Сталь 3 толщиной 8 мм (кислородная резка)	30,1	6,33	2,99	0,93
Сталь 45 толщиной 8 мм (кислородная резка)	25,0	2,11	0,73	0,25

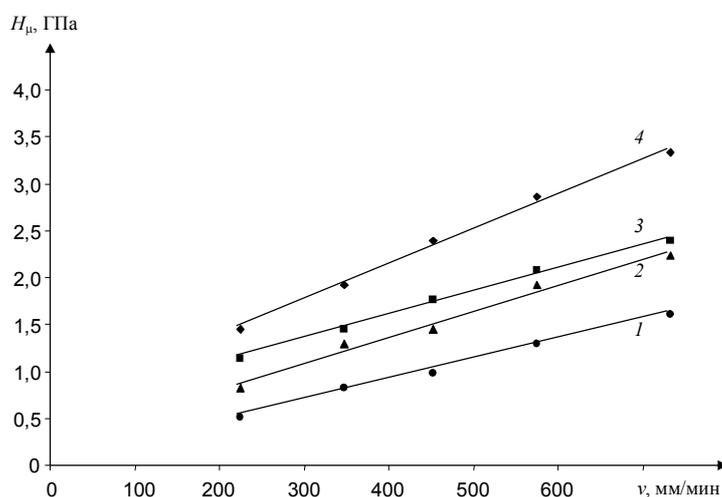


Рис. 3. Зависимость микротвердости от скорости резки (нагрузка на индентор 1 Н):
1 – кислородная резка, сталь 3 толщиной 8 мм; 2 – кислородная резка, сталь 3 толщиной 5 мм; 3 – азотная резка, сталь 3 толщиной 5 мм; 4 – кислородная резка, сталь 45 толщиной 8 мм

Изучалось изменение микротвердости от глубины проникновения индентора на примере образца из стали 3 толщиной 5 мм, подвергнутого кислородной резке при скорости резки 470 мм/мин. Установлено (рис. 4), что при приближении к поверхности микротвердость образца увеличивалась. Это можно объяснить закалочными эффектами, которые ближе к поверхности, более ярко выражены, чем в объеме образца. Также можно предположить, что размер зерна уменьшается при приближении к поверхности, подвергнутой плазменному воздействию, что сказывается на увеличении твердости.

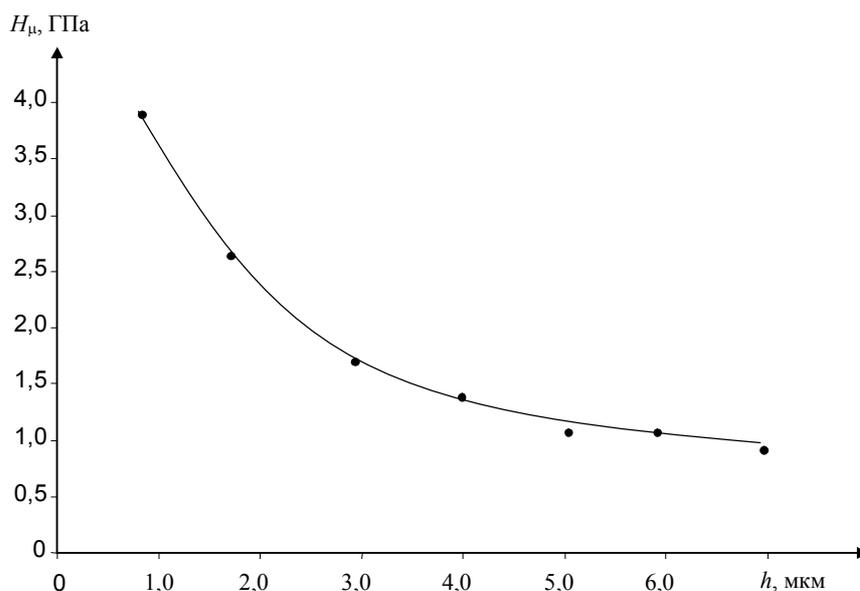


Рис. 4. Зависимость микротвердости от глубины проникновения индентора (кислородная резка, сталь 3 толщиной 5 мм; скорость резки 470 мм/мин)

Заключение

Таким образом, изучено влияние плазменной резки на микроструктуру и микротвердость углеродистых сталей. Определены оптимальные условия, обеспечивающие высокое качество плазменной резки. Установлено, что увеличение скорости плазменной резки способствует уменьшению отрицательно сказывающихся на качестве обработки объема наплывов. Однако при скоростях резки свыше 450 мм/мин качество обработки улучшается незначительно. Поэтому для увеличения качества обработки нет необходимости в значительном увеличении скорости резки. С увеличением скорости резки уменьшается размер зерна в обрабатываемых образцах, что способствует увеличению их микротвердости, которая значительно выше у энергетически обработанной поверхности, чем в объеме образца.

Литература

1. Блинов, А. Н. Организация и производство сварочномонтажных работ / А. Н. Блинов, К. В. Ляш. – Москва : Стройиздат, 1988. – 343 с.
2. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением / С. И. Думов. – Ленинград : Машиностроение, 1987. – 468 с.
3. Кононенко, В. Я. Газовая сварка и резка / В. Я. Кононенко. – Киев : Экотехнология, 2005. – 208 с.
4. Корольков, П. М. Современные методы термической обработки сварных соединений / П. М. Корольков, М. В. Хананетов. – Москва : Высш. шк., 1986. – 182 с.
5. Львов, Н. С. Автоматика и автоматизация сварочных процессов / Н. С. Львов, Э. А. Гладков. – Москва : Машиностроение, 1982. – 302 с.
6. Маякин, В. П. Электронные системы для автоматизированного измерения характеристик потоков жидкостей и газов / В. П. Маякин, Э. Г. Донченко. – Москва : Энергия, 1970. – 85 с.
7. Николаев, Г. А. Сварка в машиностроении : справ. : в 4 т. / Г. А. Николаев. – Москва : Машиностроение, 1978. – Т. 1. – 504 с.

8. Нойман, А. Справочник по сварке, пайке, склейке и резке металлов и пластмасс / А. Нойман, Е. Рихтер ; пер. с нем. – Москва : Металлургия, 1980. – 463 с.
9. Степанова, В. В. Справочник сварщика / В. В. Степанова. – Москва : Машиностроение, 1975. – 520 с.
10. Ханпетов, М. В. Сварка и резка металлов / М. В. Ханпетов. – Москва : Стройиздат, 1987. – 288 с.
11. Алешин, Н. П. Контроль качества сварочных работ / Н. П. Алешин, В. Г. Щербинский. – Москва : Высш. шк., 1986. – 167 с.
12. Яворский, Б. М. Справочник по физике / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. – Москва : Наука, 1974. – 940 с.
13. Остриков, О. М. Магнитопластический эффект при двойниковании монокристаллов висмута / О. М. Остриков // Прикладная механика и техн. физика. – 2001. – Т. 42, № 3. – С. 159–161.
14. Остриков, О. М. Влияние импульсного электрического тока большой плотности на особенности двойникования монокристаллов висмута / О. М. Остриков // Физика и химия обработки материалов. – 2003. – № 1. – С. 12–15.
15. Остриков, О. М. Влияние скорости нагружения на механизм пластической деформации в висмуте / О. М. Остриков, С. Н. Дуб // Журн. техн. физики. – 2001. – Т. 71, № 5. – С. 44–46.

Получено 22.12.2009 г.