

РЕЗКА ИЗЛУЧЕНИЕМ СО₂-ЛАЗЕРА КОРПУСОВ ДИСКОВЫХ ПИЛ

В. Д. ШЕЛЯГИН, В. Ю. ХАСКИН, кандидаты техн. наук, **А. Г. ЛУКАШЕНКО**, инж.
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Показано, что для изготовления корпусов дисковых пил из листа стали 65Г толщиной 2...6 мм предпочтительнее лазерная резка. Она обеспечивает высокое качество и малую ширину реза, малую ЗТВ и низкую себестоимость изделий. Отмечена перспективность разработки гибридной технологии лазерно-плазменной резки, при которой лазерное излучение стабилизирует дуговую плазму, дополнительно ее сжимает, заставляя проникать в образующийся при резке пародинамический канал.

Ключевые слова: лазерная резка, дисковые пилы, инструментальные стали, режимы, комплекс для резки, модернизация лазера, трехкоординатный манипулятор, резак, компьютерное управление

В современном производстве при подготовительных операциях для получения заготовок одним из основных процессов является раскройка листового металла, причем предпочтение отдается автоматическому резанию по произвольной траектории [1]. Нередко возникает необходимость выполнить отверстия в уже готовых изделиях. При этом недопустимы поводки и коробление, нежелательны также присущие механическим способам обработки усилия резания [2]. В ряде областей промышленности, например в кораблестроении, есть необходимость высококачественной резки толстых (до 100 мм) стальных листов, причем с достаточной производительностью [3]. В этом случае наиболее подходящим процессом, позволяющим одновременно сочетать качество реза практически любого материала в широком диапазоне толщин с высокой производительностью, является лазерная резка.

Характерный для современной украинской экономики переход на мелкосерийное производство делает нерациональным использование штампов, что заставляет применять на предприятиях механический, плазменный или лазерный раскрой металла. Последний имеет следующие преимущества [4]: широкий ассортимент разрезаемых материалов; получение тонкого реза благодаря острой фокусировке лазерного луча; малую зону термического влияния (ЗТВ); минимальное механическое воздействие на заготовку; химическую чистоту процесса резки; возможность его автоматизации; высокую производительность; возможность резки по сложному контуру в двух или трех измерениях. В результате могут быть изготовлены высокоточные заготовки с качественным резом, не требующие последующей обработки. При этом отсутствует механическая деформация заготовок, а из процесса разметки и резания исключается человеческий фактор.

Одной из актуальных для Украины задач является изготовление дисковых пил для резки древесины, камня, металлов. Применяемые в заго-

товительном производстве дисковые пилы имеют достаточно сложные контуры (рис. 1), что обусловливается снижением механических и динамических нагрузок на диск во время резки. Такие пилы могут работать при повышенной (до 3000 мин⁻¹) частоте вращения. Их изготовление включает следующие операции: предварительный раскрой листа инструментальной стали с учетом дальнейшей обработки; чистовое резание листа инструментальной стали по соответствующему профилю пилы контуру; термообработка типа нормализации (в случае необходимости); плоское шлифование заготовки дисковой пилы; напайка (приварка) твердосплавных сегментов. Одной из наиболее трудоемких и ответственных операций является чистовое вырезание профиля заготовки пилы из листа инструментальной стали (обычно стали 65Г). При этом толщину стального листа выбирают в зависимости от диаметра пилы (300...900 мм) в пределах 2...6 мм.

Для чистовой вырезки заготовок дисковых пил нами предложено использовать резку СО₂-лазером с мощностью излучения до 1 кВт. Такой способ резки является достаточно высокопроизводительным (скорость резки может составлять 1...5 м/мин) и позволяет получать малую шероховатость кромок реза (приблизительно $R_a = 2,5$ мкм). Нами проведены сравнительные эксперименты по отработке технологий лазерной и микроплазменной резки, благодаря которым определено, что с помощью мик-

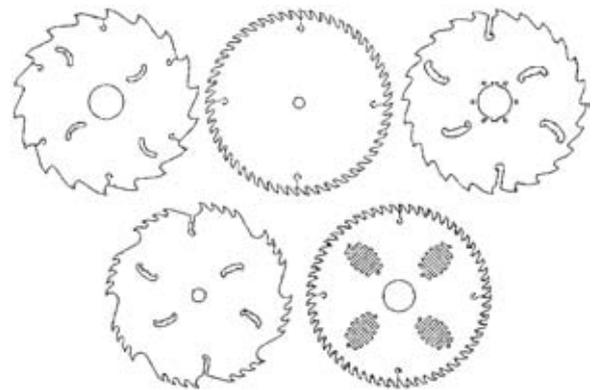


Рис. 1. Типы корпусов дисковых пил, применяемых в современном заготовительном производстве

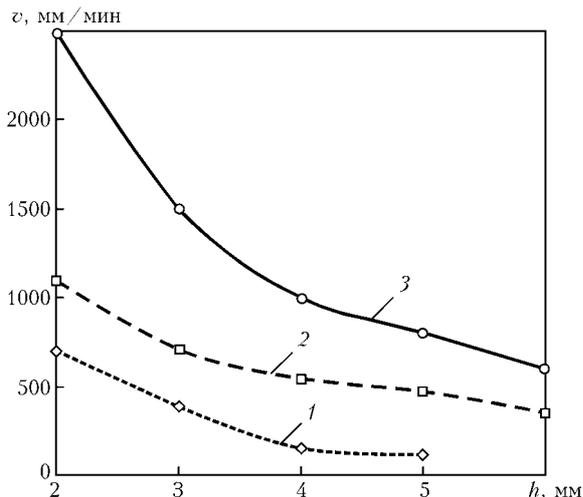


Рис. 2. Зависимость скорости v лазерной резки излучением CO_2 -лазера мощностью 700 Вт от толщины h разрезаемого листа стали 65Г при использовании в качестве режущего газа сжатого воздуха (1), воздушно-кислородной смеси в соотношении 3:1 (2) и кислорода (3)

роплазменной резки можно достичь более высоких скоростей процесса. Однако она имеет существенные недостатки — конусность реза составляет до 30° относительно вертикали, а ширина — 2,5...3,5 мм. Последнее особенно нежелательно в плане экологии, поскольку большое количество металла уходит в шлам и вредные аэрозоли, которые затем выбрасываются в атмосферу. Кроме того, при изготовлении заготовок дисковых пил, помимо получения вертикальных кромок (под углом, максимально близким к 90° относительно плоскости пилы) и тонких (шириной до 1 мм) прорезей, в местах последующей пайки твердосплавных сегментов необходимо обеспечение радиусов профили реза до 0,5 мм.

Исходя из перечисленных соображений выбрана технология лазерной резки, обеспечивающая ширину реза 0,5 мм. Она соответствует указанным требованиям к изготовлению заготовок дисковых пил. На рис. 2 представлена зависимость скорости резки от толщины разрезаемого листа стали 65Г, полученная при отработке технологии лазерной резки излучением CO_2 -лазера с модой TEM_{10} . Для реализации этой технологии в ИЭС им. Е. О. Патона разработан автоматизированный комплекс с компьютерным управлением (рис. 3). В качестве технологического лазера в состав комплекса входит



Рис. 3. Автоматизированный технологический комплекс для лазерной резки с компьютерным управлением на базе модернизированного CO_2 -лазера «Хебр-1А»

модернизированный нами болгарский лазер «Хебр-1А» выпуска 1989 г. мощностью до 1,3 кВт [5]. Для обеспечения стабильности его работы водоохлаждаемая система балластных сопротивлений заменена сопротивлениями типа ПЭВ с воздушным охлаждением, изменены также футеровка газоразрядной камеры и состав рабочей газовой смеси. Последнее является важным с экономических позиций эксплуатации лазера. Согласно паспортным данным, газовая смесь $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}$ должна иметь пропорцию 1:10:30, поскольку в этом случае одного баллона гелия (наиболее дорогостоящего газа) хватает только на 40 ч работы. Указанная пропорция была нами изменена (1:6:4), что позволило увеличить продолжительность использования баллона гелия до 200 ч при мощности излучения лазера до 1 кВт. Таким образом, себестоимость 1 ч эксплуатации лазера была снижена в 5 раз.

В разработанном комплексе для перемещения «летающей» оптики использован трехкоординатный манипулятор «Гранит-1600» оригинальной разработки. Для перемещения балки (координата y) и каретки (координата x) по шлифованным гранитным направляющим используется сжатый воздух под давлением свыше 0,3 МПа и электродвигатели с линейно развернутым статором. Перемещение режущей головки (координата z) осуществляется электродвигателем с вращающимся ротором. Перемещение инструмента (режущей головки) по координатам составляет $x:y:z = 1500:1000:50$ мм при скорости работы в автоматическом режиме от 0,01 до 22,00 м/мин. Точность позиционирования инструмента — не хуже ± 3 мкм/м.

Для стабилизации положения фокуса относительно разрезаемого листа металла применен кольцевой емкостный датчик, расположенный вокруг режущего сопла. В оптическом тракте использованы два водоохлаждаемых поворотных зеркала из позолоченного кремния и фокусирующие линзы из монокристалла хлорида калия, имеющие фокусное расстояние 150, 200 и 300 мм. Для prolongации срока эксплуатации линз в лазерном резке собственной конструкции (рис. 4) предусмотрено их воздушное охлаждение.

Для управления лазерным комплексом использованы компьютер с частотой процессора не ниже 300 МГц и система ЧПУ. Управляющая программа, написанная под OS Windows, позволяет автоматически конвертировать в свой формат файлы чертежей, выполненных в программах AutoCAD 2000 и выше. В связи с этим нет необходимости конструкторские документы переводить в машинные коды.

Одним из ключевых моментов адаптации технологического процесса лазерной резки листов из стали 65Г к особенностям разработанного комплекса является подбор формы и диаметра режущего сопла, а также состава режущего газа. В качестве последнего использовали воздух, воздушно-кислородную смесь (в различных пропорциях) и чистый кислород (см. рис. 2). В ходе проведения экспериментов установлено, что целесообразно уменьшить диаметр режущего сопла приблизительно до диаметра проходящего через него сфокусирован-

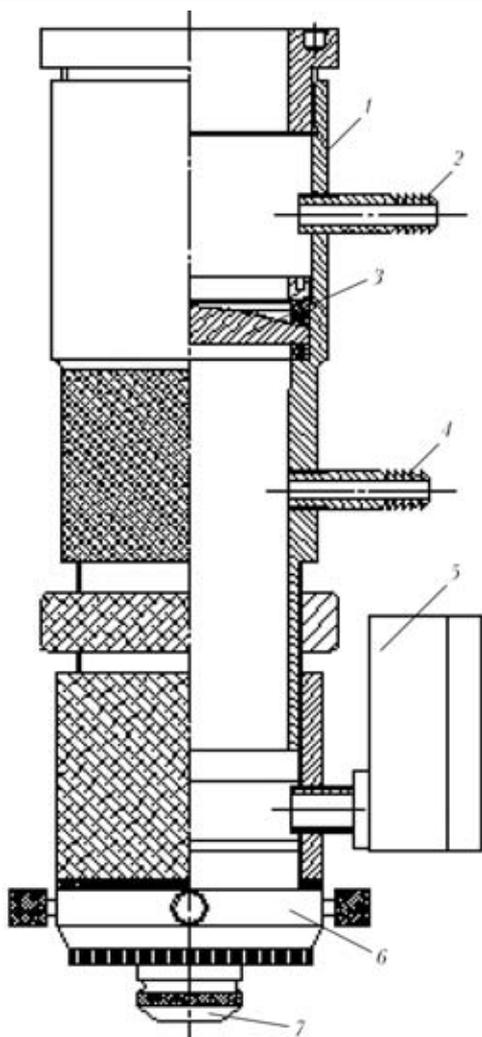


Рис. 4. Схема лазерного резака, применяемого в технологическом комплексе для лазерной резки корпусов дисковых пил: 1 — корпус; 2 — штуцер воздушного охлаждения линзы; 3 — фокусирующая линза; 4 — штуцер для подачи режущего газа; 5 — манометр; 6 — система центровки режущего сопла; 7 — режущее сопло

ного лазерного излучения (в нашем случае до 0,6 мм) и сделать его форму, максимально приближенной к форме сопла Лавала [6]. При этом выполнять резку следует с помощью чистого кислорода. Такой подход не только способствует повышению производительности, но и при сравнительно малых расходах кислорода (около 150... 200 л/ч) позволяет сузить рез и свести до минимума размер грат на краях реза, а следовательно, уменьшить отходы и вредные аэрозоли, образующиеся при резке. Постоянное воздушное охлаждение верхней части линзы при периодической (совместно с лазерным излучением) подаче кислорода дает возможность избежать ее термического раскалывания, а уплотнение посадки линзы не позволяет смешиваться воздуху с кислородом. Эксперименты показали перспективность гибри-



Рис. 5. Корпус дисковой пилы диаметром 800 мм из листа стали 65Г толщиной 5 мм

ной лазерно-плазменной резки, при которой плазма проникает в пародинамический канал. Практическим примером лазерной резки является корпус дисковой пилы (рис. 5), вырезанной на созданном нами автоматическом комплексе.

Выводы

1. Для изготовления корпусов дисковых пил из листа стали 65Г толщиной 2... 6 мм предпочтительной (несмотря на большую себестоимость лазерного оборудования) является лазерная резка в из-за более высокого качества и меньшей (в 4... 6 раз) шириной реза. Применение лазерной резки позволяет уменьшить ЗТВ и исключить некоторые операции по доводке, что снижает себестоимость изготовления дисковых пил.

2. Уменьшение ширины реза существенно снижает количество шлама и вредных аэрозолей, выбрасываемых в атмосферу. При серийном производстве этот фактор важен в плане экологии и его следует учитывать при выборе технологии и разработке оборудования.

1. Aichele G., Nickenig L. Laserstrahl-schneiden — Maschinenbauarten und zu trennende Werkstoffe // Praktiker. — 2003. — № 10. — С. 302, 304-306.
2. Муравьев В. И., Матвеев Д. В., Маркин Б. Н. Влияние газолазерного раскрая в среде технического азота на свойства сварных соединений из титановых сплавов // Сварка в Сибири. — 2003. — № 2(10). — С. 33-35.
3. Хенкок Р. Лазерно-кислородная резка стальных листов толщиной до 75 мм // Сварщик. — 2003. — № 6. — С. 18-19.
4. Григорьянц А. Г., Соколов А. А. Лазерная техника и технология: В 7 кн. Кн. 7: Лазерная резка металлов: Учеб. пособие для вузов / Под ред. А. Г. Григорьянца. — М.: Высш. шк., 1988. — 127 с.
5. Технологические лазеры. Справочник: В 2 т. Т.1: Расчет, проектирование и эксплуатация / Г. А. Абильситов, В. С. Голубев, В. Г. Гонтьарь и др. / Под общ. ред. Г. А. Абильситова. — М.: Машиностроение, 1991. — 432 с.
6. Большая советская энциклопедия: В 30 т. — Изд. 3-е. — М.: Сов. энцикл., 1973. — Т. 14. — С. 242.

It is shown that laser cutting is preferable for manufacture of the cases of disc saws of a sheet of 65G steel 2 to 6 mm thick. This cutting technique provides a high quality and small width of the cut, minimum HAZ and low cost of the products. Good prospects for development of a hybrid technology of laser-plasma cutting are noted, where the laser radiation stabilizes the arc plasma, and constricts it further, driving the plasma into the keyhole formed in cutting.

Поступила в редакцию 01.06.2004