ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/398

РЕЗКА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ИЗЛУЧЕНИЕМ ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОГО СО₂-ЛАЗЕРА С МОДУЛЯЦИЕЙ ДОБРОТНОСТИ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТОГО ИСПАРЕНИЯ МАТЕРИАЛА

Шулятьев В.Б., Оришич А.М.

*Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН,
Новосибирск*

Алюминиевые сплавы широко используются в авиационной промышленности и других отраслях благодаря относительно высокой прочности при малом удельном весе и коррозионной стойкости. Преимуществами лазерной резки листовых материалов является сочетание высокой скорости и высокого качества обработки, и качественная алюминиевая резка алюминиевых сплавов является актуальной задачей. Лазерная резка алюминия и сплавов затруднена из-за высокого коэффициента отражения и высокой теплопроводности материала. Поэтому для резки алюминия требуется большая мощность, чем для металлов с меньшей теплопроводностью. Большой поток тепла в материал создаёт значительную зону термического влияния и затрудняет получение качественного реза. Для уменьшения ЗТВ и шероховатости приходится обеспечивать большой расход технологического газа для удаления расплава из канала реза. Затраты на технологический газ могут составлять большую часть всех затрат на лазерную резку.

При резке алюминиевых сплавов непрерывным лазерным излучением проводят тщательную многопараметрическую оптимизацию процесса резки для получения реза с минимальной шероховатостью [1], исследуются характеристики реза в зависимости от химического состава материала [1, 2], рода технологического газа и способа формирования струи газа [2]. Во всех случаях для достижения приемлемого качества реза необходим высокий расход технологического газа. Это связано с тем, что единственным механизмом удаления расплава с фронта и из канала реза является силовое действие потока газа – расплав течёт по фронту реза и затем срывается с нижней кромки под действием сил давления и вязкого трения.

Цель настоящей работы – исследование лазерной резки алюминиевых сплавов импульсно-периодическим излучением с высокой пиковой мощностью, когда создаются условия для развитого испарения материала. При этом на поверхность расплава действует сила, вызванная импульсом отдачи паров, и расплав может выбрасываться из области взаимодействия в виде капель. Это создаёт дополнительный механизм удаления расплава с фронта и из канала реза.

Исследовалась лазерная резка алюминиевых сплавов излучением импульсно-периодического СО₂-лазера с механической модуляцией добротности с максимальной средней мощностью 4,5 кВт [3], который позволяет генерировать последовательность импульсов с пиковой мощностью до 150 кВт. При этом обеспечивается режим развитого испарения и оптический пробой вблизи поверхности мишени.

Разрезались листы из авиационных алюминиевых сплавов с содержанием лития 1420 и 1441 толщиной 1 и 1,5 мм. Структура поверхности реза и характер зависимости шероховатости поверхности от давления существенно различны при резке непрерывным и импульсно-периодическим излучением. На рис. 1 показана поверхность реза листа из сплава 1441 толщиной $t = 1$ мм при резке импульсно-периодическим излучением при частоте следования импульсов 40 кГц и непрерывным излучением при одинаковой средней мощности W излучения, скорости V , давлении P воздуха в форкамере лазерного резака и фокусном расстоянии линзы $F = 63,5$ мм.

Рис. 1. Поверхность реза сплава 1441, $t = 1$ мм, $W = 1,4$ кВт, $V = 1,5$ м/мин, $P = 0,5$ кг/см², а) – импульсно-периодическое излучение, б) – непрерывное излучение.

Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхности от давления технологического газа при резке сплава 1420 импульсно-периодическим излучением, $t = 1,5$ мм, $W = 1,4$ кВт, $f = 40$ кГц, $V = 1,1$ м/мин, $F = 127$ мм.

При резке непрерывным излучением наблюдается ясно выраженная бороздчатая структура с высокой шероховатостью и грат – затвердевший расплав на нижней кромке реза. При резке импульсно-периодическим излучением поверхность имеет иную структуру – грат отсутствует, бороздчатая структура выражена слабо, поверхность имеет зернистую структуру, шероховатость поверхности значительно ниже. При резке импульсно-периодическим излучением часть расплава выбрасывается с фронта реза в виде капель и выносится из канала реза. Часть расплава оседает в виде капель на поверхности реза, что и обуславливает его структуру. По фронту течёт значительно меньше расплава, чем при резке непрерывным режимом, поэтому борозды менее выражены, грат практически отсутствует.

На рис. 2 показана зависимость шероховатости поверхности R_a (арифметическое среднее высоты неоднородностей) от давления технологического газа в форкамере лазерного резака для кислорода и аргона. Зависимости имеют выраженный минимум, в то время как при резке непрерывным излучением при отсутствии развитого испарения, когда единственным механизмом удаления расплава является выдувание его струёй газа, зависимость является монотонной – шероховатость уменьшается с ростом давления и расхода газа. Минимум достигается при давлении газа в камере резака $0,5...0,6$ кг/см², в то время как при резке непрерывным излучением для достижения безгратового качественно реза необходимо давление $5...7$ кг/см². Применение для резки алюминиевых сплавов импульсно-периодического СО₂-лазера с высокой пиковой мощностью позволяет существенно снизить расход технологического газа при получении качественного реза.

1. M. Sharifi, M. Akbari. Experimental investigation of the effect of process parameters on cutting region temperature and cutting edge quality in laser cutting of AL6061T6 alloy. *Optik*. 2019. V. 184. P. 457-463.
2. A. Rivero, F. Quintero, J. del Val, M. Boutinguiza, D. Wallerstein, R. Comesana, F. Lusquinos, J. Pou., Laser cutting of aluminium alloy 2024-T3. *Procedia Manufacturing*. 2017. V. 13. P. 396-401.
3. А.Н. Малов, А.М. Оришич, В.Б. Шулятьев. Мощный импульсно-периодический СО₂-лазер с механической модуляцией добротности и его применение для исследований в аэродинамических установках. *Квантовая электроника*. 2011. Т. 41. №. 11. С. 1027 – 1032.