

На рис. 1 представлены структуры, образуемые при лазерном легировании различными элементами.

Большие скорости охлаждения зоны проплавления вызывают образование перенасыщенного твердого раствора без выделения растворенных компонентов. При этом в слое могут возникать высокие локальные напряжения, приводящие к образованию трещин. Такие трещины видны на рис. 1, в.

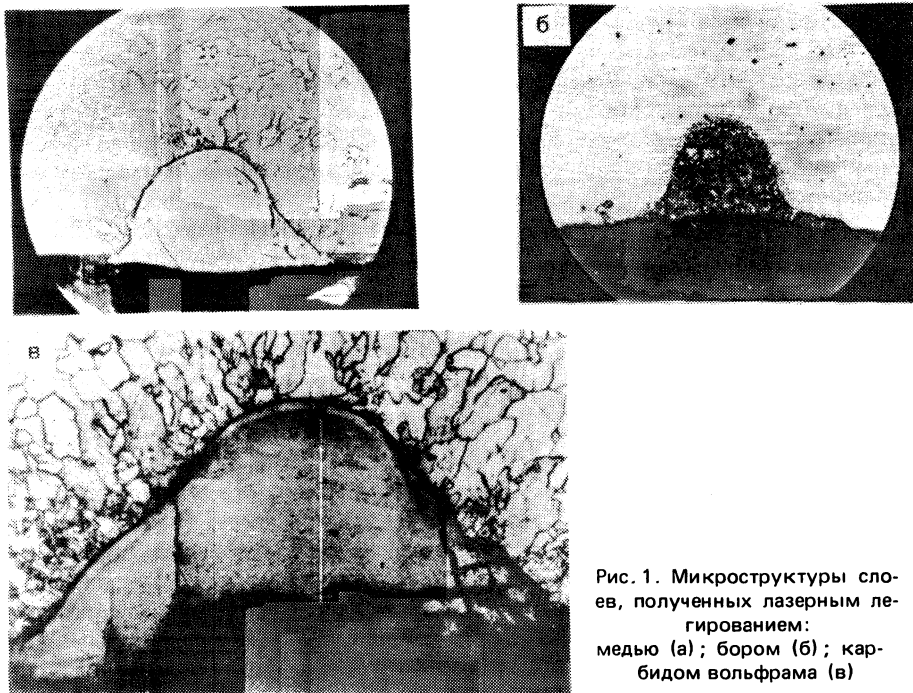


Рис. 1. Микроструктуры слоев, полученных лазерным легированием: медью (а); бором (б); карбидом вольфрама (в)

Таким образом, доказана возможность поверхностного легирования излучением  $\text{CO}_2$ -лазера с использованием в качестве основного материала армо-железа. Дальнейшим этапом исследований является изучение закономерностей образования и свойств легированных лазером слоев на конструкционных сталях.

УДК 534:621.919.3

В.Ф.ГОРОШКО, канд. техн. наук (БПИ),  
Е.А.МАРКИН, канд. техн. наук (СКБ ПС)

### МЕХАНИЗМ ВОЗБУЖДЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ

Колебательная система протяжного станка является сложной системой со многими степенями свободы. При малых скоростях резания (соответствующих зоне наростообразования) возрастает отставание изменения силы реза-

Таблица 1

Поперечное сечение упругих опор приспособления, мм	Ориентация упругих опор приспособления	Жесткость по осям общей динамической системы, Н/м		Ориентация систем	
		$K_{\max}$	$K_{\min}$	$\varphi$	$\alpha$
15 x 30	А	$2 \cdot 10^7$	$3,92 \cdot 10^6$	$41^\circ 44'$	$26^\circ 21'$
	В	$2,51 \cdot 10^7$	$4,5 \cdot 10^6$	$43^\circ 24'$	$22^\circ 13'$
17,5 x 30	А	$2,02 \cdot 10^7$	$3,7 \cdot 10^6$	$42^\circ$	$32^\circ 35'$
	В	$2,64 \cdot 10^7$	$4,7 \cdot 10^6$	$48^\circ$	$34^\circ 15'$
20 x 30	А	$2,59 \cdot 10^7$	$4,7 \cdot 10^6$	$53^\circ 24'$	$36^\circ 38'$
	В	$2,87 \cdot 10^7$	$4,1 \cdot 10^6$	$45^\circ 17'$	$33^\circ 48'$
25 x 30	А	$2,19 \cdot 10^7$	$4,13 \cdot 10^6$	$34^\circ 25'$	$28^\circ 24'$
	В	$3,1 \cdot 10^7$	$5,3 \cdot 10^6$	$45^\circ 18'$	$32^\circ 53'$

ния от изменения толщины среза, что может существенно снизить эффективность механизма регенерации следа. Кроме того, некоторые исследователи считают роль регенерации принципиально несущественной.

Практически важно экспериментально подтвердить факт возбуждения колебаний „по следу“ для многолезвийной обработки при направленных изменениях некоторых технологических параметров системы (жесткость, ориентация осей жесткости).

Резание осуществлялось в специальном приспособлении, имеющем четыре сменных упругих опоры с разным поперечным сечением. Приспособление обеспечивало возможность изменять положение этих опор относительно оси  $u$  на  $90^\circ$  (эти положения обозначены соответственно А и В). Таким образом достигалась возможность изменять ориентацию  $\varphi$  осей жесткости системы приспособление — деталь и ориентацию  $\alpha$  общей динамической системы, а также величину жесткости системы. Фактические характеристики системы приведены в табл. 1.

Резание осуществлялось на вертикально-протяжном станке мод. 7Б74 на скоростях 2, 6, 10 м/мин однозубой и многозубой протяжками с углами  $\alpha = 3^\circ$  и  $\gamma = 15^\circ$ , подъем на зуб 0,03 мм.

Ниже рассматриваются основные фактические результаты экспериментов. На рис. 1 показана осциллограмма вибраций рабочей каретки 1, приспособления 3 в направлении оси  $z$  и приспособления 2 в направлении оси  $y$  соответственно после первого, второго и третьего проходов. В приспособлении использованы упругие элементы сечением 25 x 30 мм. Огибающие микронеровности обработанной поверхности показаны на рис. 2. Резание осуществлялось протяжкой с числом зубьев восемь, скорость резания 4 м/мин.

Экспериментально зафиксировано увеличение возбуждения системы и как следствие этого ухудшение технологических характеристик по мере увеличения числа проходов. На осциллограммах, приведенных на рис. 1, видно, что вынужденные колебания в направлении скорости резания возникают под действием изменяющейся толщины среза, первопричиной которой является изменение нагрузки при входе-выходе зуба и образование волнистости. Экспериментальные данные получены при ориентации А упругих элементов приспособления и соответствующих ей характеристик системы (см. табл. 1).

При увеличении жесткости системы, что соответствует ориентации В угругих элементов, высота микронеровностей уменьшается, снижается волнистость протянутой поверхности (см. рис. 2) .

Теоретическое исследование процесса регенерации при протягивании, выполненное СКБ протяжных станков совместно с Рижским политехническим институтом, а также моделирование этого процесса на установке МНБ-1 показало, что с уменьшением жесткости резания переходной процесс становится

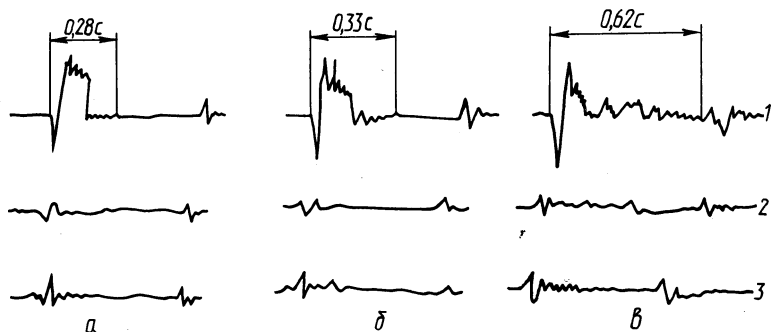


Рис. 1. Осциллограммы вибраций при протягивании:  
а, б, в — соответственно первый, второй и третий проходы

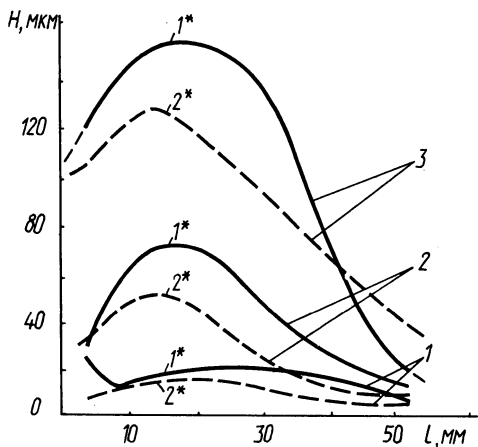


Рис. 2. Изменение высоты макронеровностей  $H$  по длине  $l$  протянутой поверхности в зависимости от ориентации системы после первого (1), второго (2), третьего (3) проходов:  
1\* — ориентация А; 2\* — ориентация В

ся более длительным и длина волнистого участка при соответствующих проходах имеет большую распространенность. Моделирование проводилось в диапазоне жесткостей резания  $(1...3,6) \cdot 10^7$  Н/м. Экспериментальные данные подтверждают полученные результаты. На рис. 3 показана макроволнистость поверхности после первого и третьего проходов при разных жесткостях системы. На участке, а'' отмечается увеличение времени переходного процесса при снижении жесткости.

Кроме того, амплитуда волнистости после третьего прохода повышает амплитуду волнистости после первого прохода. Следовательно, после трех

проходов не достигается граница регенерации. Это является следствием недостаточного демпфирования системы.

Следовательно, кроме анализа условий максимального и минимального условий устойчивости, необходимо определять границу распространения волнистости. Анализ показал, что предельная ширина среза при этом примерно в два раза меньше, чем определяемая по условию максимальной устойчивости. Отставание силы резания от мгновенной толщины среза приводит к значительному уменьшению амплитуды колебаний (волнистости) от удара при врезании. Как следует из анализа результатов моделирования процесса, при достаточно большом отставании ( $\psi > 3$ ) устойчивость системы возрастает настолько, что определение границы распространения волнистости не представляет практического интереса.

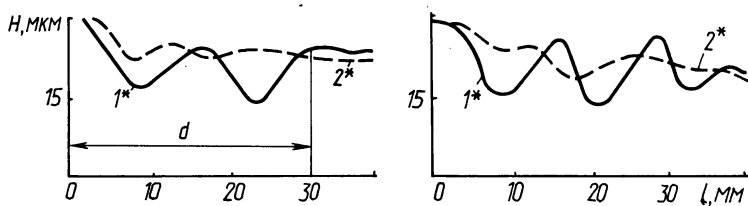


Рис. 3. Изменение волнистости протянутой поверхности после первого (1) и третьего (3) проходов:

$1^*$  — ориентация А;  $2^*$  — ориентация В

Таким образом, регенеративные колебания при протягивании оказывают влияние на качество поверхности. Из этого следует необходимость уменьшать волну от первого удара (врезание или выход зуба), в особенности при внедрении скоростного протягивания. Это может быть достигнуто как за счет совершенствования конструкции протяжек, так и путем повышения демпфирования и жесткости системы.