

Г. К. МАРКАРЯН, Л. А. АКОПЯН

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ, ОБРАБОТАННОЙ ПРИ ДИСКРЕТНОМ И НЕПРЕРЫВНОМ ИЗМЕНЕНИИ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ

Общепринятая методика выявления закономерностей изменения выходных характеристик процесса резания (таких, как температурные, износные, динамические и характеристики качества обработанной поверхности), заключающаяся в субъективном дискретном изменении одного внешнего параметра процесса при постоянстве остальных, является несовершенной, вследствие недиалектического подхода. Выявленные такой методикой закономерности не отражают объективную физическую картину изучаемого процесса и не выражают точные соотношения между выходными характеристиками процесса и его независимыми внешними параметрами, влияющими на процесс через определенные и чутко взаимосвязанные между собой цепи. Недиалектичность описанной методики заключается еще в том, что она в большинстве случаев рассматривает процесс резания вне зависимости от времени. Между тем известно, что в производственной практике обработка деталей производится в течение определенного интервала времени (периода стойкости инструмента, периода поднастройки системы СПИД), когда происходят значительные количественные и качественные перемены в общей физической картине процесса.

Без знания законов изменчивости процесса во времени на уровне взаимодействия первичных (непосредственно действующих) факторов имеющиеся функциональные зависимости являются плоскими, не отвечающими законам диалектики. Только исследования во времени создают перспективу — третье измерение общей физической картины сложного процесса резания металлов.

Исходя из вышеизложенных соображений, для комплексного исследования закономерностей изменения выходных характеристик процесса резания во времени в качестве метода обработки поверхности применена поперечная обточка с равномерно ускоряющейся скоростью, которая обеспечивает одновременную и непрерывную трансформацию во времени и в пространстве важнейших внутренних параметров процесса резания (скорости деформирования, контактных удельных давлений и температур, коэффициентов трения, механизма износа, действительных углов режущего инструмента, углов действия равнодействующих сил,

свойств контактных слоев обрабатываемого и инструментального материалов и др.).

Следует отметить, что большинство из указанных параметров связано между собой весьма чувствительными цепями обратной связи, что приводит к еще большей интенсивности трансформации общей картины изучаемого процесса.

Одной из важнейших проблем теории резания металлов в настоящей стадии ее развития является научное прогнозирование качества рабочих поверхностей деталей, при проектировании технологических процессов их механической обработки. Между тем характеристики качества, получаемые в производственной практике, больше, чем остальные характеристики процесса резания, отличаются от ожидаемых. Это является результатом более сложных и неизученных с достаточной глубиной взаимосвязей характеристик качества с внешними и внутренними параметрами процесса.

В настоящей работе авторы задались целью проследить за трансформацией во времени качества поверхности, обработанной при дискретном и непрерывном увеличении скорости резания.

В качестве параметров, характеризующих физико-механическое состояние поверхности, выбраны: микротвердость субповерхностного слоя — H_d , толщина упрочненного слоя — h , тангенциальные остаточные внутренние напряжения — σ .

Обработка торцов деталей из стали 45 размерами $d_{max} = 340$ мм и $d_{min} = 40$ мм производилась методом поперечной обточке от центра к периферии на станке К62 проходными твердосплавными резцами Т15К6 с геометрией: $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 12^\circ$, $\alpha_1 = 10^\circ$, $\varphi = 60^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $r = 0$, $\rho = 0$. Режимы резания: $t = 2,0$ мм, $S = 0,39$ мм/об, $n = 125, 200, 315$ об/мин.

Параметры упрочнения обработанной поверхности H_d и h изучались по методу косых срезов [9, 14]. Для их изготовления предварительно вырезанные из детали образцы устанавливались в специальном приспособлении, а шлифы доводились на чугунном диске с использованием абразивных порошков и паст. Микротвердость определялась на разных горизонтах упрочненного поверхностного слоя, считая от вершины и от впадины гребешка. Измерение производилось на микротвердомере ПМТ-3.

Тангенциальные остаточные внутренние напряжения второго рода определялись по методу измерения величин деформаций плоских образцов (плиток) при травлении их поверхности со стороны штрихов обработки [17]. Измерение производилось на специальной индикаторной установке непрерывного действия.

На рис. 1—5 представлены экспериментальные кривые зависимостей характеристик качества обработанной поверхности от скорости резания при ее дискретном и непрерывном увеличении. На этих графиках ясно вырисовываются значительные количественные и качественные

различия изучаемых закономерностей при дискретном и непрерывном резании.

При дискретном увеличении скорости резания наблюдаются 3 характерные стадии изменения микротвердости субповерхностного слоя (рис. 1): значительное уменьшение H_d до $V = 80 \div 100$ м/мин, последующее увеличение H_d приблизительно до исходных значений и стабилизация величины H_d начиная с $V = 160 \div 180$ м/мин. При не-

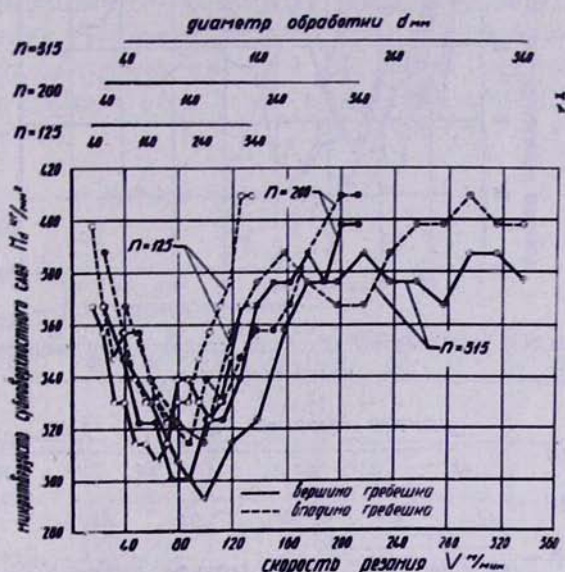


Рис. 1. Микротвердость субповерхностного слоя при дискретном увеличении скорости.

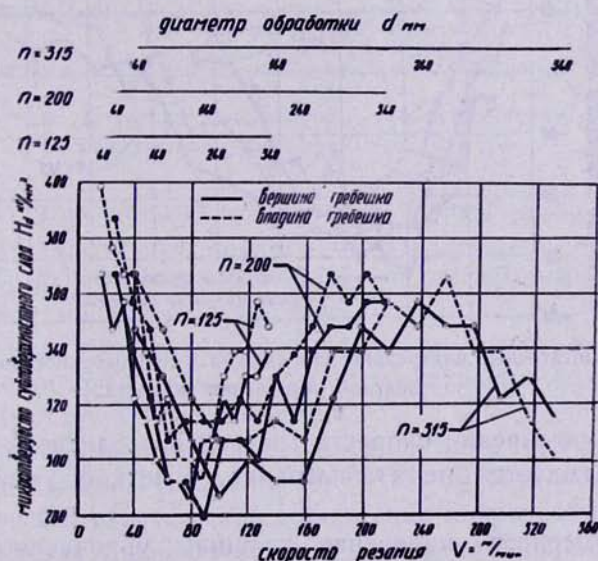


Рис. 2. Микротвердость субповерхностного слоя при непрерывном увеличении скорости.

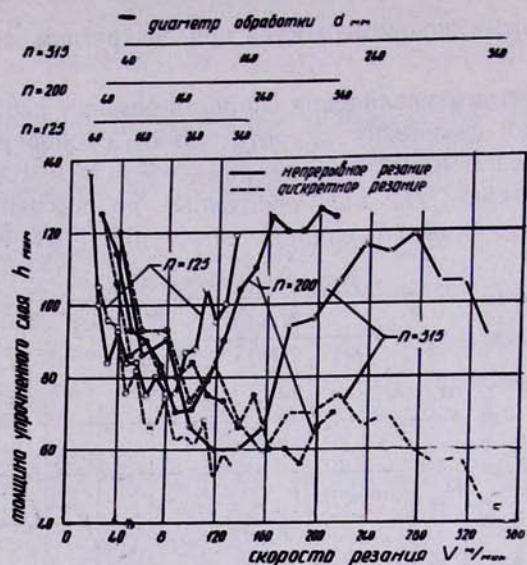


Рис. 3. Толщина упрочненного слоя при дискретном и непрерывном увеличении скорости.

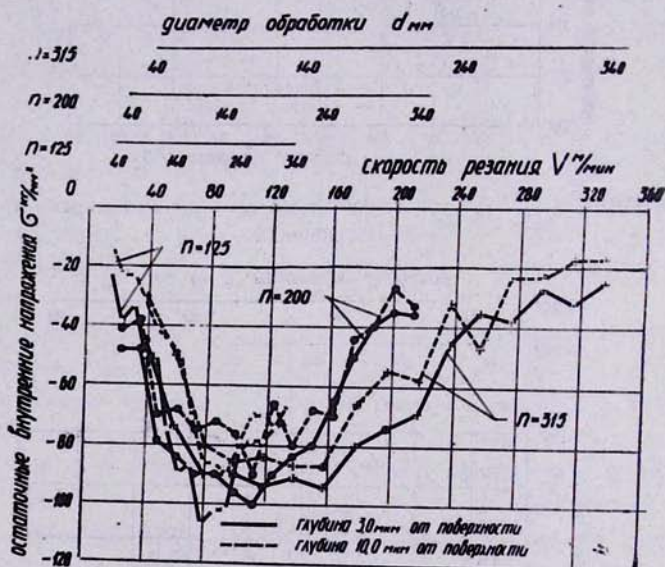


Рис. 4. Остаточные внутренние напряжения в субповерхностном слое при дискретном увеличении скорости.

прерывном увеличении скорости (рис. 2) в последней стадии изменения H_d наблюдается не стабилизация, а четкое уменьшение ее величины.

Закономерность изменения толщины упрочненного слоя h при дискретном увеличении скорости резания (рис. 3) совершенно не соответствует описанной закономерности изменения H_d (здесь наблю-

дается классическая закономерность непрерывного падения h с увеличением V , тогда как при непрерывном увеличении скорости заметна большая аналогия кривых h и H_d .

Весьма интересны закономерности изменения тангенциальных остаточных внутренних напряжений σ . Как при дискретном (рис. 4), так и при непрерывном (рис. 5) увеличении скорости кривые σ представляют собой зеркальное отображение кривых H_d (рис. 1, 2). При этом четко вырисовывается следующая закономерность: возрастанию степени упрочнения субповерхностного слоя (увеличению его микротвердости H_d) соответствует провал сжимающих остаточных напряжений $-\sigma$, залегаемых в этом слое, и наоборот, уменьшению H_d соответствует рост $-\sigma$.

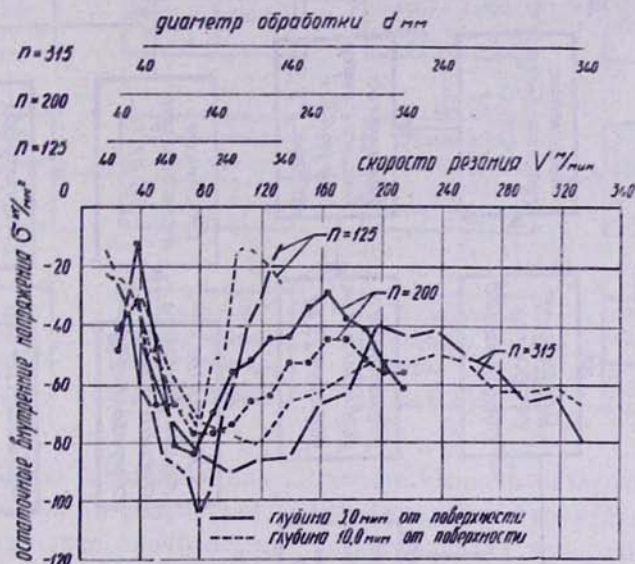


Рис. 5. Остаточные внутренние напряжения в субповерхностном слое при непрерывном увеличении скорости.

Для раскрытия физической сущности описанных выше закономерностей изменения параметров, характеризующих физико-механическое состояние обработанной поверхности, коротко рассмотрим взаимосвязь явлений, непосредственно действующих на них.

По современным воззрениям, формирование физико-механических свойств поверхности при резании металлов происходит в условиях взаимодействия следующих основных явлений:

1. Пластическое деформирование поверхностного слоя детали, приводящее к его упрочнению [1, 2, 8, 9, 11, 14, 15, 18]. При этом в результате неравномерности пластической деформации микрообъемов и неравномерного увеличения удельных объемов в этом слое образуются сжимающие остаточные внутренние напряжения.

2. Тепловое воздействие, приводящее к разупрочнению поверхност-

схема 1а

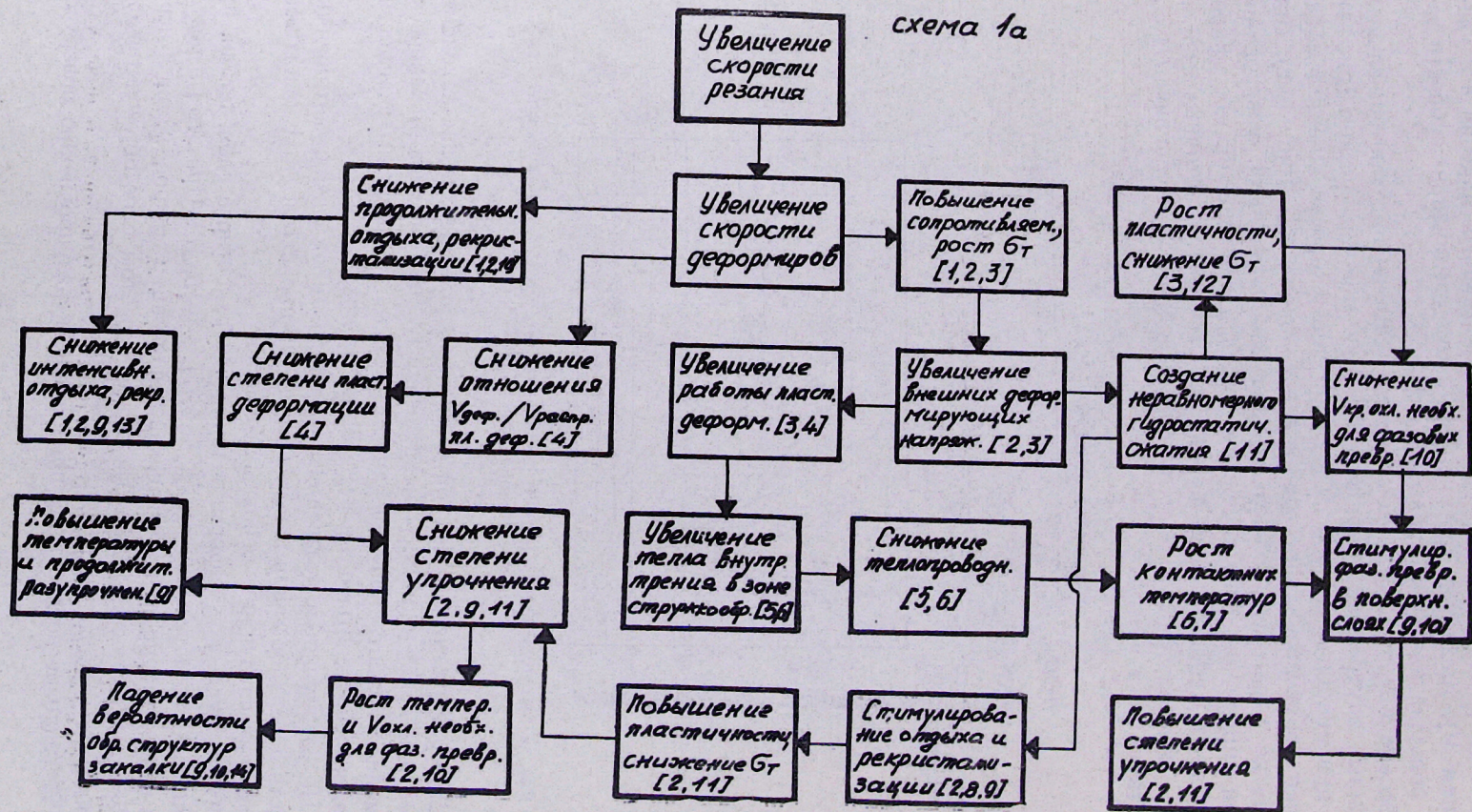
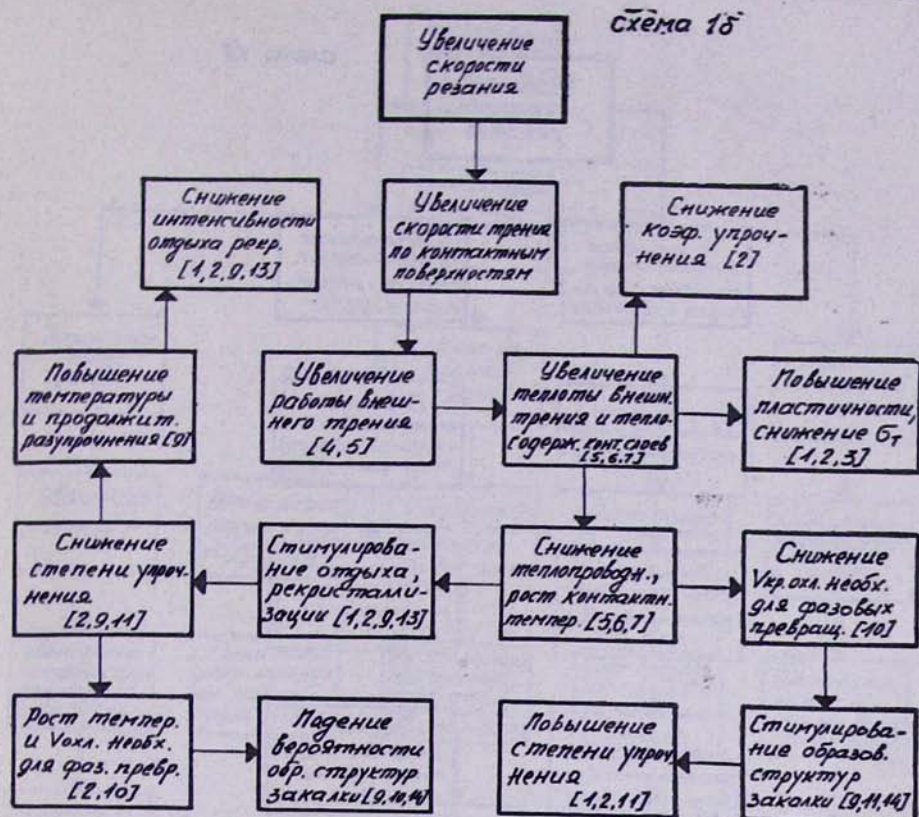


Схема 1б



ного слоя. Здесь возможны как снижение величин остаточных внутренних напряжений (в результате уравнивания структуры металла), так и образование значительных растягивающих остаточных внутренних напряжений (в результате неравномерного нагрева и охлаждения различных слоев поверхности) [1, 8, 9, 11, 14, 17, 18].

3. Фазовые превращения с образованием в поверхностном слое структур закалки и отпуска. В этом случае повышение степени упрочнения сопровождается образованием больших сжимающих и растягивающих остаточных внутренних напряжений [1, 9, 10, 13, 18].

Взаимосвязь описанных явлений в динамике их изменения при дискретном и непрерывном увеличении скорости резания с достаточной глубиной, на уровне первичных (непосредственно действующих) параметров, представлена на схемах 1а, б, в (для дискретного резания) и на схеме 2 (для непрерывного резания).

Изучение приведенных схем позволяет выявить еще один фактор, часто качественно меняющий всю физическую картину процесса резания. Этим фактором является продолжительность (время) протекания описанных выше явлений, которая непосредственно или через определенные цепочки действует на интенсивность как процессов упрочнения, так и процессов разупрочнения поверхностного слоя.

схема 1б.

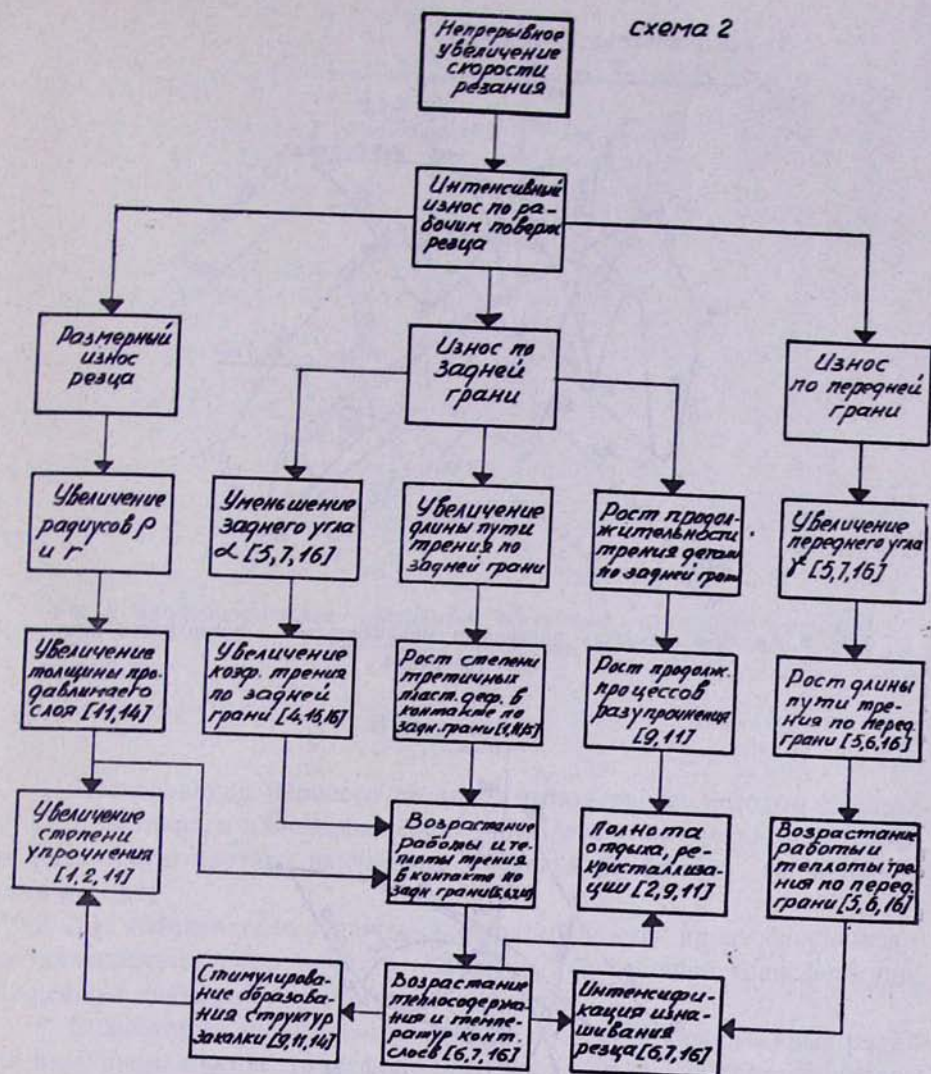


Важность фактора «время» особенно наглядна при сопоставлении процессов дискретного и непрерывного резания. Так например, сравнивая кривые микротвердости H_d на рис. 1, 2, можно констатировать, что снижение степени упрочнения поверхностного слоя в зоне скоростей $V > 200 - 240$ м/мин при непрерывном резании можно объяснить интенсификацией процессов разупрочнения в результате как повышения величин контактных температур, так и увеличения продолжительности их воздействия на контактные поверхностные слои (схема 2).

Анализ схем 1а, б, в и 2 предоставляет реальные возможности для объективной интерпретации зависимостей, изображенных на рис. 1—5.

Для более четкого изображения закономерностей трансформации параметров качества поверхности во времени и пространстве построены аксонометрические диаграммы параметр качества—время—ускорение (рис. 6—8), которые представляют возможность определить H_d , h , σ в любой момент времени T (или на желаемом диаметре обработки d) при

схема 2



непрерывном резании с различными оборотами шпинделя n (или ускорениями резания u).

Представленные на рис. 6—8 аксонометрические диаграммы подвергнуты математической обработке на ЭВМ «Наири» и определены формулы, выраженные в виде степенных функций:

$$H_d = 323,995 T^{-0,018} \cdot u^{-0,008} \quad (1)$$

$$h = 113,434 T^{-0,035} \cdot u^{-0,043} \quad (2)$$

$$\sigma = -18,530 T^{0,068} \cdot u^{0,229} \quad (3)$$

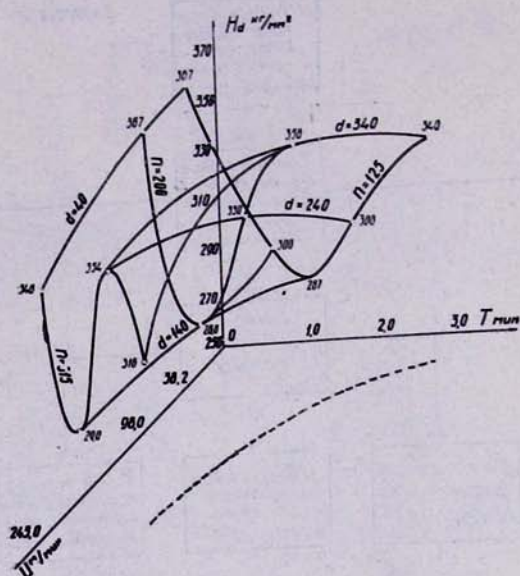


Рис. 6. Аксонометрическая диаграмма микротвердость поверхности—время — ускорение.

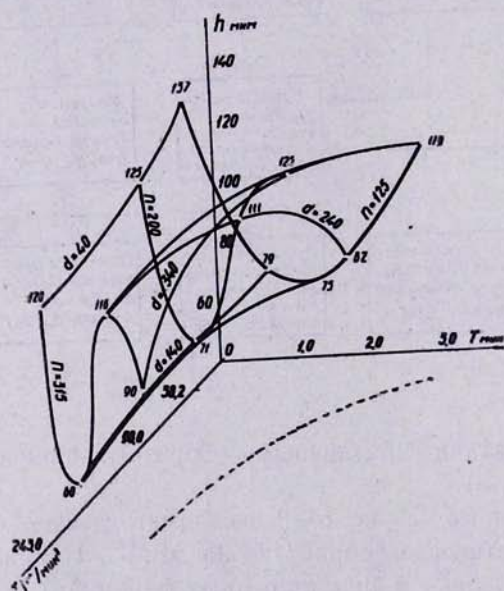


Рис. 7. Аксонометрическая диаграмма толщина упрочненного слоя—время — ускорение.

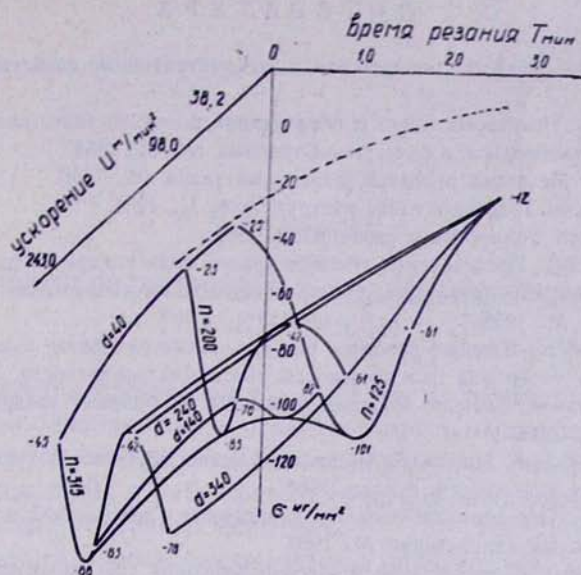


Рис. 8. Аксонометрическая диаграмма остаточные внутренние напряжения—время—ускорение.

В ы в о д ы

1. Исследования процесса резания, выполненные методом дискретного субъективного изменения одного внешнего параметра, не отражают физическую картину изучаемого процесса вследствие недialeктичности метода.
2. Для объективного отражения закономерностей процесса необходимы исследования во времени в условиях непрерывной трансформации важнейших внутренних параметров процесса.
3. Существуют значительные количественные и качественные различия в закономерностях трансформации параметров качества поверхности при дискретном и непрерывном увеличении скорости резания (рис. 1—5).
4. Характер экспериментальных кривых доказывает наличие внутренней взаимосвязи между параметрами качества H_a , h и σ (рис. 1, 5).
5. Представленные схемы 1а, б, в и 2 позволяют раскрыть физическую картину изменчивости внешних и внутренних параметров процесса резания на уровне взаимодействия первичных (непосредственно действующих) параметров.
6. Представленные аксонометрические диаграммы (рис. 6—8) четко выражают трансформацию параметров качества поверхности во времени и пространстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Маталин. Качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин. М., 1956.
2. М. В. Касьян. Некоторые вопросы образования поверхностного слоя. М., 1959.
3. А. Надаи. Пластичность и разрушение твердых тел. М., 1954.
4. Н. Н. Зорев. Механика процесса резания металлов. М., 1956.
5. А. М. Даниелян. Теплота и износ инструментов. М., 1954.
6. А. Н. Резников. Теплофизика резания. М., 1969.
7. Р. О. Барсегянц. Исследование температурного поля токарного резца. М., 1957.
8. М. О. Якобсон. Шероховатость, наклеп и остаточные напряжения при механической обработке. М., 1956.
9. И. С. Штейнберг. Влияние режимов резания, геометрии резца и состояния обрабатываемого материала на качество обработанной поверхности. М., 1950.
10. В. И. Просвирин. Влияние внешнего давления на фазовые превращения в стали и чугуна. М., 1948.
11. М. В. Касьян, Г. К. Маркарян. Высокое качество поверхности (упрочнение)—основа повышения надежности. Ереван, 1966.
12. П. Бриджмен. Исследование больших пластических деформаций и разрыва. М., 1955.
13. А. П. Гуляев. Металловедение. М., 1966.
14. П. Е. Дьяченко. Влияние технологических факторов на качество поверхности. М., 1953.
15. А. И. Исаев. Процесс образования поверхностного слоя при обработке металлов резанием. М., 1950.
16. Т. Н. Лоладзе. Износ режущего инструмента. М., 1958.
17. Н. Н. Дзиденгов. Об измерении остаточных напряжений. М., 1950.
18. Б. А. Кравченко. Силы, остаточные напряжения и трение при резании металлов. Куйбышев, 1962.