

Г.Б. БАГДАСАРЯН, М.Е. АРУТЮНЯН

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНСТРУМЕНТА НАИМЕНЬШЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Изучается шероховатость обрабатываемой поверхности в зависимости от режимов резания и износа режущего инструмента. Для определения этой связи из общего числа факторов, влияющих на величину шероховатости, были исключены геометрические параметры резца, используя при этом инструмент наименьшего сопротивления. Получены математические модели связи между шероховатостью обработанной поверхности, режимами резания и износом режущего инструмента.

Ключевые слова: шероховатость поверхности, режим резания, износ инструмента.

Состояние поверхностного слоя характеризуется его упрочнением, микроструктурой, величиной и знаком остаточных напряжений и глубиной их залегания. Известно, что высота шероховатости способствует возникновению накоплений технологических остаточных напряжений. Факторы, влияющие на шероховатость обработанной поверхности, также влияют на пластическую деформацию. В частности, режимы резания, износ инструмента влияют на шероховатость аналогично влиянию на пластическую деформацию.

Таким образом, пластическая деформация, величина наклепа и величина шероховатости обработанной поверхности имеют физическую связь. Последняя зависит также от величины износа режущего инструмента.

Целью настоящей работы является изучение функциональной связи шероховатости обработанной поверхности и износа режущего инструмента в зависимости от режимов резания, а также получение связи шероховатости поверхности в зависимости от величины износа инструмента и, тем самым, получение связи параметра шероховатости и остаточных напряжений.

Опыты проводились обработкой стали 45 и стали 40Х на токарном станке методом планирования экспериментов типа 2^3 . Поскольку в наших исследованиях применен инструмент наименьшего сопротивления, т.е. геометрические параметры резца определялись исходя из физико-механических свойств обрабатываемого материала [1], то из общего числа факторов, влияющих на шероховатость обработанной поверхности и износ инструмента, можно исключить влияние геометрических параметров резца.

Математические модели связи целесообразно искать в виде степенной функции

$$R_a = C_1 V^{Z_1} S^{Z_2} t^{Z_3}. \quad (1)$$

Для определения неизвестных проведены эксперименты по составленному плану. План, матрица и результаты исследования приводятся в табл. 1.

Таблица 1

N	План опытов			Матрица планирования				Сталь 45		Сталь 40X	
	V, м/мин	S, мм/об	t, мм	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	R _a , мкм	y=lnR _a	R _a , мкм	y=lnR _a
1	30	0,11	0,5	+	-	-	-	1,5	0,4	1,92	0,65
2	150	0,11	0,5	+	+	-	-	1,2	0,18	1,54	0,43
3	30	0,3	0,5	+	-	+	-	2,4	0,87	2,92	1,07
4	150	0,3	0,5	+	+	+	-	1,8	0,59	2,08	0,73
5	30	0,11	1,0	+	-	-	+	2,1	0,74	2,6	0,95
6	150	0,11	1,0	+	+	-	+	1,6	0,47	1,85	0,61
7	30	0,3	1,0	+	-	+	+	2,8	1,03	3,2	1,16
8	150	0,3	1,0	+	+	+	+	2,4	0,87	2,65	0,97

Сталь 45:
b₀ = 0,64
b₁ = -0,12
b₂ = 0,2
b₃ = 0,13

Сталь 40X:
b₀ = 0,82
b₁ = -0,14
b₂ = 0,16
b₃ = 0,1

Значения полиномов:
x₁ = 1,24 lnV - 5,2
x₂ = 2 lnS + 3,4
x₃ = 2,9 lnt + 1

Подставляя в (1) значения полиномов и коэффициентов регрессии, получим:

$$\text{- для стали 45:} \quad R_a = \frac{e^{2,07} S^{0,4} t^{0,38}}{V^{0,15}}; \quad (2)$$

$$\text{- для стали 40X:} \quad R_a = \frac{e^{2,19} S^{0,32} t^{0,29}}{V^{0,17}}. \quad (3)$$

Дисперсионный анализ моделей (2) и (3), проведенный по методу Йетса, показал, что ошибка составила 5% значимости статистики. На основании полученных математических моделей можно сделать вывод, что на величину шероховатости, которая тесно связана с возникновением и накоплением технологических остаточных напряжений, непосредственно влияют подача и скорость резания и несравненно меньшее влияние оказывает глубина резания.

На основании моделей (2) и (3) построены графики зависимости шероховатости обработанной поверхности от V, S, t (см. рис.).

График зависимости R_a от V показал, что по мере увеличения скорости резания высота неровностей непрерывно уменьшается. С увеличением V устанавливается взаимная связь некоторых технологических характеристик, таких как шероховатость поверхности, коэффициент деформации стружки, составляющие силы резания, наличие и высота нароста, образующегося на резце, величина износа резца и т.д. В [2-4] введено понятие предельной скорости, при которой скорость резания перестает влиять на R_a. В наших исследованиях установлено, что эта скорость для данных металлов равна 100

м/мин, после чего устанавливается стабильная R_a , и V перестает оказывать влияние на остаточные напряжения.

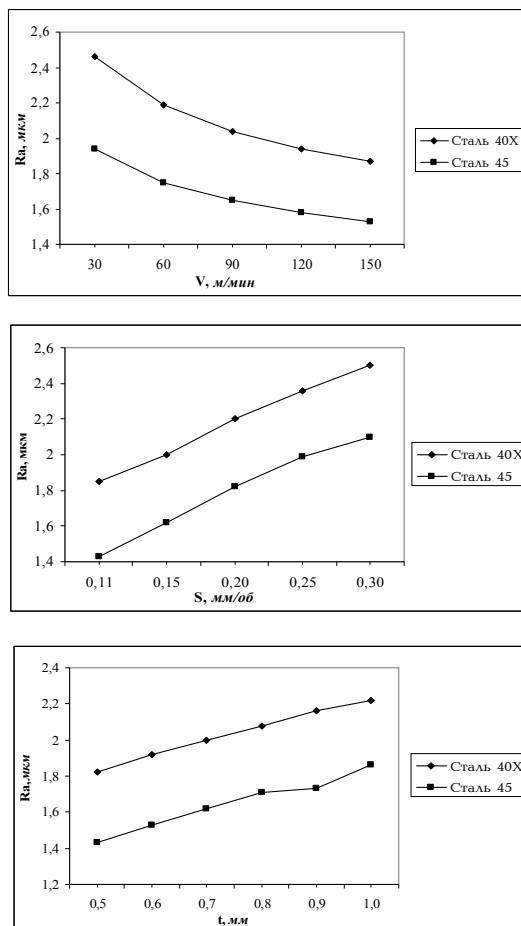


Рис. Графики зависимости R_a от V , S , t

С увеличением S R_a возрастает в результате увеличения пластической деформации. Изменение t почти не влияет на деформацию, поэтому R_a изменяется незначительно.

Известно, что зависимость R_a от подачи представляется в виде $R_a = S^2/8r$, т.е. с увеличением подачи увеличивается высота неровностей и, естественно, ухудшается состояние поверхностного слоя. Это явление имеет место также в случае применения резца, имеющего геометрию, обеспечивающую наименьшее сопротивление.

Проведены исследования влияния уменьшения высоты неровностей обработанной поверхности на релаксацию остаточных напряжений в

поверхностном слое. Получена связь параметра шероховатости и остаточных напряжений $R_a = f(\sigma_{0,2})$.

Шлифование считается одним из наиболее действенных методов уменьшения абсолютных значений остаточных напряжений. Однако после выхаживания эта связь не сохраняется. В процессе выхаживания может возникнуть абразивный наклеп поверхности. При этом микротвердость повышается, образуются остаточные сжимающие напряжения. Это объясняется тем, что через некоторое время увеличивается температура, в результате возникает наволакивание металла и появляются задиры поверхности. Исследования показали, что процесс выхаживания не может во всех случаях улучшить выходные параметры поверхностного слоя.

Анализ результатов исследования показал, что эти параметры намного лучше, когда шлифование проводится после обжига. Так, шлифование гильзы диаметра 150 мм из стали 40X без термообработки приводит из-за перераспределения напряжений к возникновению некруглости отверстия в пределах 0,4...0,8 мм, а шлифование при тех же условиях, но после обжига - к некруглости не более 0,4 мм.

Для сталей 45 и 40X связь $\sigma_{0,2} = f(R_a)$ без обжига получена в виде:

$$\begin{aligned} \text{- сталь 45:} \quad \sigma_{0,2} &= \frac{\pm 158,8}{R_a^{3,4}}; \\ \text{- сталь 40X:} \quad \sigma_{0,2} &= \frac{\pm 286}{R_a^{2,7}}. \end{aligned}$$

Как было отмечено выше, величина шероховатости также зависит от величины износа режущего инструмента. Износ резца, в основном, зависит от условий резания. Незначительный износ резца приводит к увеличению величины шероховатости, а следовательно, к увеличению величин технологических остаточных напряжений в поверхностном слое обрабатываемой поверхности. В данной задаче из всех видов износа резца, непосредственно влияющих на качество и технологическую характеристику обрабатываемой поверхности, выделяются: износ радиуса при вершине h_r , износ задней грани $h_{з.г.}$.

Согласно [5], критерием, характеризующим пластическую деформацию, является выражение: $h_1 = h_r / h_{з.г.}$. Для получения функциональной связи износа резца в зависимости от режимов резания проведены опыты, где план опытов и матрица планирования те же, что в табл. 1. Результаты опытов приведены в табл. 2.

Подставляя величины коэффициентов регрессии и полиномов в математическую модель, выражающую сущность изучения:

$$h_i = C_i V^{Z_1} S^{Z_2} t^{Z_3}, \quad (4)$$

получим связь износа резца в зависимости от режимов резания:

$$\begin{aligned} \text{- для стали 45:} \quad h_r &= 10^{-3} e^{2,78} V^{0,36} S^{0,3} t^{0,49}, \\ h_{з.г.} &= 10^{-3} e^{4,22} V^{0,48} S^{0,46} t^{0,64}, \\ h_1 &= \frac{e^{5,52}}{10^3 V^{0,14} S^{0,16} t^{0,14}}; \end{aligned} \quad (5)$$

- для стали 40X:
$$h_r = 10^{-3} e^{3,51} V^{0,27} S^{0,28} t^{0,43},$$
$$h_{з.г.} = 10^{-3} e^{4,63} V^{0,47} S^{0,54} t^{0,64},$$
$$h_1 = \frac{e^{5,96}}{10^3 V^{0,21} S^{0,26} t^{0,2}}.$$

Таблица 2

N	Сталь 45			Сталь 40X		
	$y=\ln h_r$	$y=\ln h_{з.г.}$	$y=\ln h_1$	$y=\ln h_r$	$y=\ln h_{з.г.}$	$y=\ln h_1$
1	2,99	4,43	5,48	3,4	4,54	5,77
2	3,64	5,25	5,3	4,02	5,39	5,52
3	3,22	4,78	5,35	3,81	5,12	5,6
4	3,91	5,67	5,14	4,25	5,97	5,19
5	3,4	4,87	5,44	3,91	5,14	5,67
6	3,81	5,52	5,19	4,17	5,74	5,35
7	3,69	5,35	5,25	4,09	5,56	5,44
8	4,25	6,13	5,01	4,5	6,33	5,07

Сталь 45:

для h_r : $b_0 = 3,61$; $b_1 = 0,29$; $b_2 = 0,15$; $b_3 = 0,17$

для $h_{з.г.}$: $b_0 = 5,25$; $b_1 = 0,39$; $b_2 = 0,23$; $b_3 = 0,22$

для h_1 : $b_0 = 5,27$; $b_1 = -0,11$; $b_2 = -0,08$; $b_3 = -0,05$

Полиномы:

$x_1 = 1,24 \ln V - 5,2$

$x_2 = 2 \ln S + 3,4$

$x_3 = 2,9 \ln t + 1$

Сталь 40X:

для h_r : $b_0 = 4,02$; $b_1 = 0,22$; $b_2 = 0,14$; $b_3 = 0,15$

для $h_{з.г.}$: $b_0 = 5,47$; $b_1 = 0,38$; $b_2 = 0,27$; $b_3 = 0,22$

для h_1 : $b_0 = 5,45$; $b_1 = -0,17$; $b_2 = -0,13$; $b_3 = -0,07$

Дисперсионный анализ показал, что приведенные модели адекватны 5% статистики.

Анализ математических моделей (5) и (6) показал, что чем выше величины режимов резания, тем меньше величина h_1 , то есть $h_{з.г.}$ больше, чем h_r . Таким образом, сущность зависимости износа резца от режимов резания в достаточной степени характеризует зависимость h_1 от режимов резания. Кроме того, h_1 является критерием, характеризующим пластическую деформацию обработанной поверхности. Следовательно, необходимо найти зависимость шероховатости поверхности R_a от h_1 . После некоторых преобразований получим:

- для стали 45: $R_a = 16,3 h_1^{1,2},$

- для стали 40X: $R_a = 7,2 h_1^{0,8}.$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багдасарян Г.Б., Арутюнян Г.А., Багдасарян В.Г. Определение основных углов резца по разрывному полю обрабатываемого металла // Изв. НАН РА. Сер. ТН.-1995.- Т.48, ¹ 1. -С. 3-7.
2. Исаев А.И. Процесс образования поверхностного слоя при обработке металлов резанием. -М.: Машгиз, 1980. -358 с.
3. Еремин А.Н. Физическая сущность явлений при резании стали. -М.: Машиностроение, 1991. -226 с.
4. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. -М.: Машиностроение, 1995. - 138 с.
5. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. -М.: Машиностроение, 1985. - 276 с.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 18.01.2006.

Հ.Բ. ԲԱԴԱՏԱՐՅԱՆ, Մ.Ե. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

ՄՇԱԿՎԱԾ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԻ ԽՈՐՀՈՒԲՈՐՀՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ ՓՈՔՐԱԳՈՒՅՆ ԴԻՍԿՐՈՒԹՅԱՆ ԳՈՐԾԻՔԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՍԲ ԿՏՐՄԱՆ ՌԵԺԻՄՆԵՐԻ ԵՎ ԳՈՐԾԻՔԻ ՄԱՇԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ուսումնասիրվել է մշակված մակերևույթի խորդուբորդության կախվածությունը կտրման ռեժիմներից և կտրող գործիքի մաշից: Այդ կապն որոշելիս ընդհանուր գործոնների քանակից, որոնք ազդում են խորդուբորդության վրա, հեռացվել են կտրիչի երկրաչափական չափանիշները՝ օգտագործելով փոքրագույն դիմադրության գործիք: Ստացված է մաթեմատիկական մոդելներ՝ մշակված մակերևույթի խորդուբորդության կախվածությունը կտրման ռեժիմներից և կտրող գործիքի մաշից:

Առանցքային բառեր. մակերևույթի խորդուբորդություն, կտրման ռեժիմներ, գործիքի մաշ:

H.B. BAGHDASARYAN, M.E. HARUTYUNYAN

STUDY OF INFLUENCE CUTTING CONDITONS AND WEAR TOOL ON ROUGHNESS PROCESSING SURFACE WITH APPLYING THE TOOL OF THE MINIMUM RESISTANCE

The roughness of processing surface depending on cutting conditions and wear tool is studied. In order to determine this connection from general numbers of factors, influencing the value of roughness surface, using tool of minimum resistance geometric parameters of the cutter were expelled. The mathematical model of connection between roughness of the processing surface, cutting conditions and tool wear are obtained.

Keywords: cutting conditions, roughness of surface, tool wear.