



Influence of degree of deformation and speed of thin drawing using water-emulsion metal-cutting compound on size of coefficient of a contact friction is investigated.

Ю. Л. БОБАРИКИН, С. В. АВСЕЙКОВ, ГГТУ им. П. О. Сухого

УДК 621.778.073

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВОЛОЧЕНИЯ СТАЛЬНОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ ПРОВОЛОКИ НА КОЭФФИЦИЕНТ КОНТАКТНОГО ТРЕНИЯ

Введение

Контактное трение в процессе волочения оказывает существенное влияние на энергосиловые параметры процесса, износ инструмента – волок – на свойства технологических смазок. Значение величины силы контактного трения при волочении определяется законом Амонтона-Кулона. В соответствии с этим законом сила трения зависит от нормального контактного давления в волоке и коэффициента контактного трения. [1] Для расчета режимов волочения, а также для их оптимизации используются зависимости, включающие коэффициент контактного трения. В связи с этим повышение точности в определении коэффициента контактного трения обеспечивает повышение точности расчетов режимов волочения.

На коэффициент контактного трения при волочении оказывают влияние химический состав и качество поверхности обрабатываемой проволоки и рабочего канала инструмента, свойства технологической смазки, температура в зоне контакта, геометрия рабочего канала волоки, суммарная степень деформации обрабатываемой проволоки, отражающая ее упрочнения и скорость протяжки проволоки через волоку (скорость волочения). В данной работе исследуется влияние степени деформации и скорости тонкого волочения с использованием водозмульсионной смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) на величину коэффициента контактного трения. Такой процесс иначе называют мокрым волочением.

В условиях мокрого волочения, когда толщина смазки намного меньше входного диаметра рабочего конуса волоки, толщина смазочного слоя прямо пропорциональна вязкости смазки и скорости волочения [1, 2]:

$$\xi = \frac{6v\eta}{\varepsilon\rho\operatorname{tg}\alpha}, \quad (1)$$

где η – кинематический коэффициент вязкости; v – скорость волочения; ε – суммарная деформация; ρ – давление в смазочном клине на входе в очаг деформации.

Из уравнения (1) следует, что при повышении скорости волочения толщина слоя смазки в очаге деформации будет расти пропорционально, однако с ростом температуры, сопровождающим увеличение скорости волочения, проходит через максимум и начинает уменьшаться. Повышение температуры при этом вызвано динамическим ростом прочности проволоки на высоких скоростях [3].

Описание и результаты эксперимента

Для оценки влияния скорости волочения на величину коэффициента контактного трения была проведена серия опытов на волочильном стенде однократного волочения при различных скоростях волочения. В опытах использовали смазочно-охлаждающую жидкость для станов тонкого волочения VSV77 с концентрацией 10%, предварительно нагретую до температуры 40 °С, соответствующей температуре ванны с СОЖ в реальных условиях мокрого волочения на станах тонкого волочения. Диаметры протягиваемой проволоки соответствовали первым четырем переходам заводского маршрута волочения РУП «БМЗ» проволоки из стали 90 диаметром 0,412 мм из заготовки диаметром 2,45 мм с конечной скоростью волочения 5 м/с. Средняя температура проволоки на выходе из волоки в эксперименте составляла 180–250 °С.

Для определения коэффициента трения использовали метод усилия волочения [1]: в процессе

Таблица 1. Результаты эксперимента по определению усилия волочения

D, мм	Суммарная деформация	Скорость волочения V_i , м/с								
		0,11	0,17	0,21	0,26	0,31	0,5	0,6	0,74	1,15
2,230	0,19		1831,3 1806,8 1820,4	1646,3 1665,3 1657,1					1646,3 1597,3 1597,3	
	Среднее		1819,5	1656,2					1613,6	
2,010	0,40	1866,7 1869,7 1858,5		1782,3 1746,9 1771,4				1755,1 1746,9 1763,3		1635,4 1635,4 1638,1
	Среднее	1865,0		1766,9				1755,1		1636,3
1,821	0,59		1610,9 1578,2 1567,4		1510,2 1526,5 1485,7			1453,1 1463,9 1442,2		1409,5 1417,7 1379,6
	Среднее		1585,5		1507,5			1453,1		1402,3
1,650	0,79		1322,4 1298,0 1311,6			1232, 1216,3 1243,5		1197,3 1194,6 1202,7		1112,9 1148,3 1145,6
	Среднее		1310,7			1230,6		1198,2		1135,6

Таблица 2. Результаты определения коэффициента трения

D, мм	Суммарная деформация	Скорость волочения V_i , м/с								
		0,11	0,17	0,21	0,26	0,31	0,5	0,6	0,74	1,15
2,23	0,19		0,0434	0,0366					0,03484	
2,01	0,40	0,05		0,0456			0,0451			0,0397
1,82	0,59		0,0477		0,0437		0,0409			0,0384
1,65	0,79		0,0418			0,03723		0,0354		0,0318

волочения измеряли тяговое усилие P_i (табл. 1). В одну из теоретических (наиболее обоснованных) формул усилия волочения подставляли значения предела текучести металла и геометрические параметры, затем подбирали такое значение f , при котором достигается совпадение экспериментальных и расчетных данных по напряжению волочения.

Формула для определения величины f основана на формуле [4] для определения напряжения волочения:

$$P_i = (\sigma_{s_i} (1 + 2f) - \frac{(w_i - \sigma_{s_{i-1}}) \left[(\mu_i) \frac{f}{\tan(\alpha_i)} - 1 \right]}{\frac{f}{\tan(\alpha_i)} (\mu_i) \frac{f}{\tan(\alpha_i)}}) \frac{\sigma_{s_{i-1}} - \left(\frac{\sigma_{v_{i-1}}}{K_i} \right)}{\frac{f}{(\mu_i) \tan(\alpha_i)}} + 4m_i f \sigma_{s_i} \frac{\pi d_i^2}{4}, \text{ Н.} \quad (2)$$

В формулу (2) подставляется экспериментальное значение силы волочения для i -го перехода волочения и затем с помощью вычислительных методов, реализуемых в компьютерных математических пакетах, рассчитывается неизвестная величина f .

Из данных табл. 2 можно сделать вывод, что коэффициент трения снижается с увеличением скорости от 0,11 до 1,15 м/с во всех экспериментах. В экспериментальных значениях коэффициента трения с параметрами заводского маршрута с ростом скорости и степени деформации снижение коэффициента трения проявляется неоднозначно. В связи с этим оценку изменения коэффициента трения от скорости волочения и суммарной деформации проводили по величине изменения экспериментального коэффициента трения. Так как при построении заводского маршрута волочения принимали коэффициент трения, равный 0,05 [5], а его экспериментальные значения, соответствующие параметрам заводского маршрута не постоянны (0,0434, 0,0456, 0,0437, 0,0372), то за базовую величину коэффициента трения принимаем значение 0,05:

$$\Delta f = f_i - f_{\text{баз}}, \quad (3)$$

где Δf – изменение коэффициента трения; $f_{\text{баз}}$ – значение коэффициента трения, принимаемого в расчете маршрута волочения; f_i – экспериментальное значение коэффициента трения.

Далее, подставляя значения из табл. 2 в выражение (3), получаем величину отклонения значе-

Таблица 3. Отклонения базового значения коэффициента трения

D, мм	Суммарная деформация	Скорость волочения V _p , м/с								
		0,11	0,17	0,21	0,26	0,31	0,5	0,6	0,74	1,15
2,23	0,19		-0,0066	-0,0134					-0,01516	
2,01	0,40	0		-0,0044			-0,0049			-0,0103
1,82	0,59		-0,0023		-0,0063		-0,0091			-0,0116
1,65	0,79		-0,0082			-0,01277		-0,0146		-0,0182

Таблица 4. Сравнение результатов расчетных и экспериментальных значений коэффициента трения

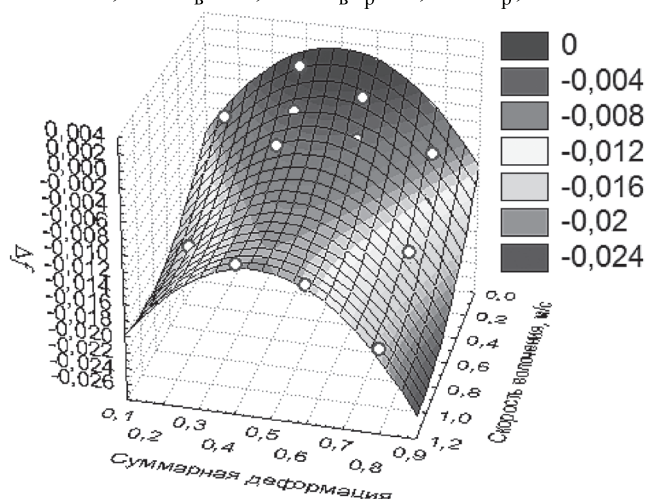
Скорость волочения	Суммарная деформация	Δf	f _{расч}	f _{экс}	Относительная погрешность, %
0,17	0,19	-0,00909	0,040911	0,0434	-5,7341
0,21	0,19	-0,00974	0,040256	0,0366	9,989727
0,74	0,19	-0,01531	0,034687	0,03484	-0,43915
0,11	0,4	-0,00153	0,048468	0,05	-3,06434
0,21	0,4	-0,00333	0,046669	0,0456	2,345241
0,5	0,4	-0,00738	0,042619	0,0451	-5,50111
1,15	0,4	-0,01017	0,039834	0,0397	0,336902
0,17	0,59	-0,00277	0,047229	0,0477	-0,98826
0,26	0,59	-0,00437	0,045632	0,0437	4,420229
0,5	0,59	-0,00781	0,042189	0,0409	3,151198
1,15	0,59	-0,01118	0,038823	0,0384	1,101927
0,17	0,79	-0,00904	0,040955	0,0418	-2,02105
0,31	0,79	-0,01159	0,038412	0,03723	3,173623
0,6	0,79	-0,01557	0,034427	0,0354	-2,74876
1,15	0,79	-0,01837	0,031629	0,0318	-0,53918

ния коэффициента трения от базового значения 0,05. Результаты расчета приведены в табл. 3.

Полученные данные из таблицы с помощью дополнительной аппроксимации графически интерпретированы в поверхность, представленную на рисунке.

На основе построенной поверхности (см. рисунок) получена математическая зависимость:

$$\Delta f = -0,0179 - 0,0194V_B + 0,0779\varepsilon_p + 0,0103V_B^2 - 0,0047V_B\varepsilon_p - 0,0786\varepsilon_p^2 \quad (4)$$



Отклонение коэффициента контактного трения

где V_B – скорость волочения, м/с; ε_p – суммарная пластическая деформация.

Выражая из (3) f_i, получаем откорректированный коэффициент контактного трения в зависимости от скорости волочения и суммарной деформации:

$$f_i = f_{баз} + \Delta f. \quad (5)$$

Сравнение расчетных коэффициентов контактного трения с экспериментальными приведено в табл. 4.

Из таблицы видно, что относительная погрешность в определении коэффициента контактного трения по выражению (5) не превышает 10%.

Выводы

В результате проведенных исследований получена зависимость для расчета коэффициента контактного трения при волочении в зависимости от суммарной степени деформации обрабатываемой проволоки и скорости волочения. Суммарная степень деформации проволоки отражает характер влияния степени упрочнения на коэффициент контактного трения.

Полученная зависимость отражает характер изменения коэффициента контактного трения от величины скорости волочения и суммарной степе-

ни деформации проволоки и может быть использована для расчета коэффициента контактного трения при разработке и оптимизации маршрутов волочения.

Литература

1. Г р у д е в А. П., З и л ь б е р г Ю. В., Т и л и к В. Т. Трение и смазки при обработке металлов давлением. М.: Металлургия, 1982.
2. Х а р и т о н о в В. А., Г о л о в и з и н С. М., С т о л я р о в А. Ю. Влияние скорости протяжки на условия волочения со скольжением и качество тонкой высокоуглеродистой проволоки // Производство проката. 2007. № 4.
3. Х а р и т о н о в В. А., Г о л о в и з и н С. М., С т о л я р о в А. Ю. Влияние температуры на толщину слоя смазки в условиях многократного мокрого волочения. 2006.
4. К о к о в и х и н И. Ю. Технология сталепроволочного производства. Киев: Рос. мова, 1995.
5. Б о б а р и к и н Ю. Л., В е р е щ а г и н М. Н. Определение коэффициента контактного трения в процессе волочения металлической проволоки // Тез. докл. МНТК «Полимерные композиты и трибология (поликомтриб-2009)». 2009.