

КРИТЕРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫБОРА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Правильный выбор инструментального материала обеспечивает высокую производительность при минимальной себестоимости обработки. Целью настоящей работы является определение критерия оптимизации и разработка методики выбора инструментального материала для инструментов универсального назначения, предназначенных для обработки определенного материала или группы близких по свойствам материалов.

Приведенные затраты на обработку без учета капитальных вложений рассчитываются по уравнению (1), [1] :

$$Z = Z_0 + Z_u, \quad (1)$$

где Z_0 - стоимость эксплуатации основного оборудования;

Z_u - затраты на инструмент.

Первое слагаемое определяется стоимостью станко-минуты Z_c и штучно-калькуляционным временем $T_{ш.к}$ обработки партии деталей:

$$Z_0 = Z_c \times T_{ш.к}. \quad (2)$$

Очевидно, что Z_0 зависит от выбора инструментального материала, так как обе составляющие $T_{ш.к}$ - машинное время и время смены инструмента при обработке партии деталей - зависят от режима резания, определяемого режущими свойствами инструментального материала.

Затраты на один инструмент Z_u складываются из затрат на его изготовление (стоимость инструментального материала $Z_{и.м}$ и себестоимость изготовления $Z_{изг}$) и на переточку Z_n :

$$Z_u = Z_{и.м} + Z_{изг} + Z_n \cdot n, \quad (3)$$

где n - количество допустимых переточек.

При выборе материала для универсального инструмента (с размерами, соответствующими ГОСТу или заводским нормалам) не всегда ясно, какие детали и на каком оборудовании будет обрабатывать тот или иной конкретный инструмент. В то же время задача сводится к выбору одного из целой группы обычно родственных инструментальных

материалов применительно к заданному обрабатываемому материалу. Для этого необходимо решить два вопроса: на каком режиме резания сравниваются инструментальные материалы; что принимается за критерий оптимальности при сравнении.

Сравнение удобнее вести на режиме наивысшей производительности, который отличается от экономически оптимального только затратами на инструмент [в формуле (1) они учтены отдельно]. Этот режим соответствует наиболее полному использованию режущих свойств инструмента и легко определяется расчетным путем по известным стойкостным зависимостям. Стойкость, соответствующая наивысшей производительности $T_{н.п}$, определяется по формуле (4), [1]:

$$T_{н.п} = (z - 1) \tau_{см}, \quad (4)$$

где $\tau_{см}$ - время, затрачиваемое на смену инструмента;

z - показатель степени в формуле

$$T = \frac{C}{v^z}. \quad (5)$$

Из формул (4), (5) определяется и скорость резания, соответствующая наивысшей производительности - $v_{н.п}$.

Сравнивать инструментальные материалы удобно применительно к единичным инструментам. Если принять, что инструменты из всех сравниваемых материалов допускают одинаковое количество переточек n , что вполне реально при сравнении близких по свойствам материалов (например, быстрорежущих сталей разных марок), то затраты ∂_0 за один период стойкости $T_{н.п}$ можно сопоставить, отнеся их к пути резания $L = T_{н.п} v_{н.п}$ для каждого материала.

Тогда из равенства (2) получим

$$\frac{\partial_0}{L} = \partial_c \frac{T_{н.п}}{T_{н.п} v_{н.п}} = \frac{\partial_c}{v_{н.п}} \quad \text{руб./м.} \quad (6)$$

Этот показатель характеризует затраты по эксплуатации основного оборудования на 1 м пути резания. Понятно, что предпочтительнее тот материал, который обеспечивает минимум ∂_0/L . Если сравнивать два инструментальных материала, из которых один принят за эталон (при работе на одинаковых станках и прочих равных условиях), то соотношение удельных затрат определится так:

$$\frac{\partial_c}{v_{н.п.1}} : \frac{\partial_c}{v_{н.п.2}} = \frac{v_{н.п.2}}{v_{н.п.1}} = \frac{1}{Kv_1}, \quad (7)$$

где Kv_1 - коэффициент относительной производительности. Здесь

второй материал принят за эталон, для него $K_{V_2} = 1$.

При сравнении за период стойкости третье слагаемое в правой части уравнения (3) теряет смысл. В первом приближении можно пренебречь разницей в стоимости изготовления инструмента из разных инструментальных материалов, т.е. считать, что $z'_u \approx z_{u.m}$.

Согласно принятой методике, эти величины тоже нужно отнести к единице пути резания, чтобы они имели одинаковый смысл с основными затратами (6):

$$\frac{z'_u}{L} = \frac{z_u}{T_{н.п} V_{н.п}} \quad \text{руб/м} \quad (8)$$

При сравнении двух материалов, из которых второй является эталоном, берется отношение:

$$\frac{z'_{u1}}{T_{н.п.1} V_{н.п.1}} \frac{z'_{u2}}{T_{н.п.2} V_{н.п.2}} = \frac{z'_{u1}}{z'_{u2}} \frac{V_{н.п.2}}{V_{н.п.1}} \frac{T_{н.п.2}}{T_{н.п.1}} = K_{и.1} \frac{1}{K_{V_1}} \frac{1}{K_{T_1}} \quad (9)$$

Выраженные формулами (7) и (9) показатели имеют одинаковый физический смысл — относительные удельные затраты на единицу пути резания и являются безразмерными. Поэтому вполне правомерно их суммировать. По полученному при суммировании коэффициенту $K_{и.м}$ оценивается эффективность инструментального материала:

$$K_{и.м} = \frac{1 + \frac{K_i}{K_T}}{K_V} \quad (10)$$

Как видно из формулы (10), коэффициент эффективности инструментального материала является комплексным показателем. Он учитывает три важнейших характеристики: производительность K_V , стойкость K_T и стоимость K_i инструментального материала. Так как для эталона все коэффициенты равны 1, то для него $K_{и.м} = 1$. Материалы, для которых $K_{и.м} < 1$, эффективнее эталонного, а те, для которых $K_{и.м} > 1$, наоборот, уступают ему.

Методика сравнительных исследований режущих свойств инструментальных материалов для последующей их оценки по коэффициенту $K_{и.м}$ должна предусматривать проведение опытов на нескольких скоростях резания с целью получения зависимостей (5) для каждого из исследуемых материалов. Поскольку результаты сравнения зависят от достоверности зависимостей (5), предпочтительно использовать статистические способы планирования экспериментов с последующим дисперсионным и регрессионным анализом и статистической

Таблица I

Марка инструментального материала	Z	C _v	T _{н.п.} мин	U _{н.п.} м/мин	K-во легги- рую- щих эле- мен- тов, %	K _v	K _t	K _i	K _{i,m}	Место в ряду по K _{i,m}
Р18 (эталон)	2,47	79	7,35	35,9	18	I	I	I	2	13
Р12	2,16	133,4	5,80	59,3	12	I,65	0,79	0,67	I,12	4
Р9	3,30	81,3	11,50	39,1	9	I,09	1,57	0,50	I,21	5
Р9К5	3,50	79,4	12,50	39	14	I,09	1,70	0,78	I,34	8
Р6М5	3,30	83	11,50	39,9	11	I,11	1,57	0,61	I,26	7
Р9М4К8 (ЭП 688)	4	100	15	50,4	21	I,40	2,04	1,17	I,11	3
В14М7К25 (ЭП 723)	3,20	162,2	11	76,7	44	2,13	1,50	2,56	I,23	6
Р0Ф2К8М6АТ (ЭП 733)	4,22	42,7	16,20	22,5	17	0,63	2,21	0,95	2,27	15
Р2Ф2К8М6АТ (ЭП 734)	2,43	162,2	7,15	72,4	19	2,01	0,97	1,05	I,03	1
Р18Ф2К8М (ЭП 379)	4,02	85,1	15,20	43	29	I,20	2,07	1,61	I,38	10
Р6Ф2К8М5 (ЭП 658)	2,68	147,9	8,40	67,2	21	I,87	1,14	1,17	I,08	2
Р6М4К12 (производство США)	5,25	40	21,30	22,5	22	0,63	2,90	1,22	2,26	14
Р12Ф2К8М3 (ЭП 657)	2,88	114,8	9,40	52,4	25	I,46	1,28	1,39	I,43	11
Р9Ф4К8М	3,30	97,7	11,50	46,9	22	I,31	1,57	1,22	I,36	9
Р6М5К5	4,53	63	17,65	33,5	16	0,93	2,40	0,89	I,48	12

оценкой результатов. Для вывода однофакторных зависимостей (5) очень удобен способ наилучших линейных оценок [2], предусматривающий варьирование скорости резания на трех уровнях.

По способу наилучших линейных оценок [2] были получены формулы (5) для 14 марок быстрорежущих сталей и дисперсионно-твердеющего сплава В14М7К25 (ЭП 723).

Для исследуемых материалов в табл. I представлены результаты расчетов всех величин, определяющих $K_{и.м}$. На основании хронометража время смены инструмента $T_{см}$ было принято равным 5 мин. Стоимость новых марок быстрорежущих сталей была принята пропорциональной количеству легирующих элементов в их составе (по марочному обозначению).

Анализ таблицы показывает, что наибольшую эффективность в данных условиях обеспечивает сравнительно дешевая низкоуглеродистая сталь Р2Ф2К8М6АТ (ЭП 734), занимающая 4-е место по производительности при стойкости $T = 20$ мин.

В ы в о д ы

1. Выбор инструментального материала для универсальных инструментов (с размерами по ГОСТ или заводским нормалам), предназначенных для обработки определенных материалов, следует производить по коэффициенту эффективности $K_{и.м}$, учитывающему важнейшие показатели инструментального материала: производительность, стойкость, стоимость.

2. Методика сравнительных исследований инструментальных материалов с последующим сравнением по $K_{и.м}$ должна базироваться на статистическом планировании с выводом стойкостных зависимостей. При этом целесообразно применять способ наилучших линейных оценок.

Л и т е р а т у р а

1. Эт и н А.О. Выбор оптимальных условий при решении технологических задач. "Станки и инструмент", 1976, № 3.
2. Ф е д о р о в В.В. Теория оптимального эксперимента. М., "Наука", 1971.