

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН НА ИХ ПРОЧНОСТЬ

Козлов В. Н., Чжан Ц., Цуй Ц., Лещинер Е.Г.

Научный руководитель: Козлов В. Н., к.т.н., доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

e-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Ключевые слова: износ инструмента, прочность режущего инструмента, внутренние напряжения.

Keywords: tool wear, cutting tool strength, internal stresses.

Черновая обработка титановых сплавов сопровождается выкрашиванием главной режущей кромки, иногда происходит поломка режущей пластины. Для устранения поломки режущих пластин увеличивают их толщину, но при этом возрастает их стоимость.

Для определения влияния толщины режущей пластины на её прочность были рассчитаны главные нормальные напряжения в режущей пластине из твёрдого сплава ВК8 при обработке труднообрабатываемого титанового сплава BT3-1 с использованием программного обеспечения ANSYS 14.0. Распределение внешних контактных нагрузок ранее было получено экспериментально с помощью метода разрезного резца и метода изменения ширины искусственной фаски на задней поверхности резца [1].

Внутренние напряжения в режущей пластине были рассчитаны при неизменной геометрии режущей части: передний угол $\gamma=0^\circ$, главный задний угол $\alpha=10^\circ$; ширина искусственной фаски на задней поверхности, моделирующей износ по задней поверхности, $h_3=0,2$ мм, задний угол на этой фаске $\alpha_b=0^\circ$. Внешние нагрузки были получены при скорости резания $v=1$ м/с, радиальной подаче $s=0,21$ мм/об. Толщина режущей пластины изменялась дискретно ($h=2, 6, 12$ и 20 мм) (рис. 1, 2).

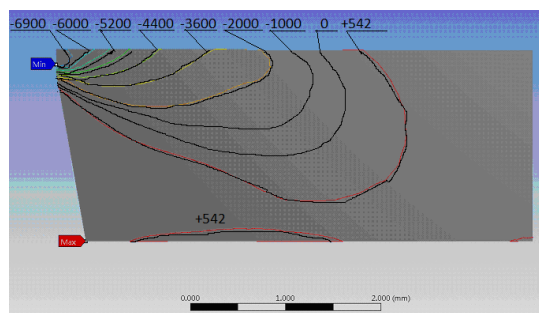


Рис. 1. Распределение главного нормального напряжения σ (МПа) в режущем клине при толщине пластины $h=2$ мм. BT3-1 – ВК8, $\gamma=0^\circ$, $v=1$ м/с, $s=0,21$ мм/об, $h_3=0,2$ мм

При использовании режущей пластиной малой толщины $h=2$ мм (рис. 1) рядом с режущей кромкой наблюдаются сжимающие главные нормальные напряжения большой величины,

наибольшее из которых ($\sigma_3 = -6866$ МПа) превышает предел прочности твёрдого сплава ВК8 на сжатие ($\sigma_{\max} = -4200$ МПа). На практике это подтверждается разрушением режущих пластин малой толщины.

При малой толщине пластины на её передней поверхности возникает растягивающее напряжение ($\sigma_1 = +542$ МПа), приближающееся к пределу прочности твёрдого сплава ВК8 на растяжение ($\sigma_{\max} = +750$ МПа). Расположение этой зоны объясняет скол большого объёма инструментального материала и зарождение трещины происходит в зоне, где внешних нагрузок вообще нет. На нижней опорной поверхности также имеются большие растягивающие напряжения ($\sigma_1 = +542$ МПа) (рис. 1), что объясняет отслаивание твёрдого сплава на контактной поверхности.

На фаске задней поверхности главные нормальные внутренние напряжения сжатия изменяются от $\sigma_3 = -6900$ МПа до $\sigma_3 = -2000$ МПа на очень коротком участке (рис. 1). На наш взгляд это приводит к разрушению участка соединения фаски износа с заточенной задней поверхностью инструмента. На практике это подтверждается ускоренным износом инструмента по задней поверхности во время приработки [2, 3, 4, 10].

Увеличение толщины режущей пластины до 6 мм приводит к существенному уменьшению внутренних напряжений (рис. 2 а).

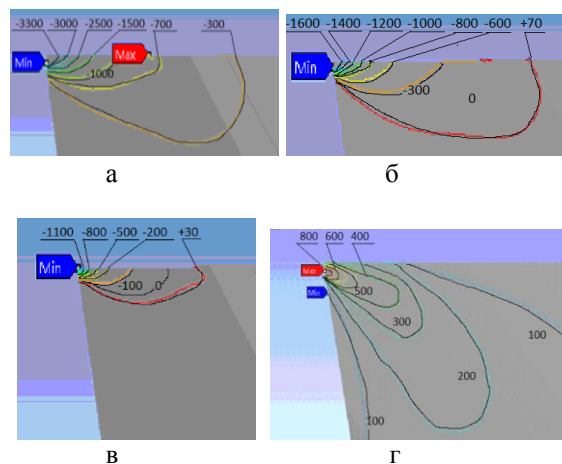


Рис. 2. Распределение главного нормального напряжения σ (МПа) (а, б, в) и главного напряжения сдвига τ (МПа) (г) в режущем клине при разной толщине режущей пластины h при обработке титанового сплава. BT3-1 – ВК8, $\gamma=0^\circ$, $v=1$ м/с, $s=0,21$ мм/об, $h_3=0,2$ мм. а – $h=6$ мм; б – $h=12$ мм; в – $h=20$ мм; г – $h=6$ мм

Вблизи режущей кромки наблюдаются сжимающие напряжения, и их наибольшая величина не превышает 3312 МПа (рис. 2 а). На передней и нижней поверхностях зона растягивающих напряжений отсутствует. На практике это подтверждается повышением надёжности режущих пластин при увеличении их толщины более 5 мм [2, 3, 4, 5, 6]. Нижняя часть режущей пластины на рис. 2 не показана, т.к. там нет существенных напряжений.

Дальнейшее увеличение толщины режущей пластины до 12 мм (рис. 2 б) и 20 мм (рис. 2 в) приводит к существенному уменьшению внутренних напряжений до $\sigma_z = -1100$ МПа вблизи режущей кромки (рис. 2 в).

Малая толщина режущей пластины вызывает увеличение и касательных напряжений. При $h = 2$ мм наибольшая величина главного напряжения сдвига превышает предел прочности твёрдого сплава ВК8 на сдвиг ($\tau_{\max} = 2000$ МПа). Увеличение толщины режущей пластины до 6 мм существенно уменьшает величину главного напряжения сдвига (рис. 2 г), хотя конфигурация линий главных напряжений остаётся схожей.

Толщина режущей пластины h влияет на величину наибольшего сжимающего напряжения у режущей кромки, и больше всего это влияние сказывается при $h \leq 7$ мм (рис. 4). Дальнейшее влияние толщины режущей пластины незначительно, а при толщине режущей пластины более 12 мм изменений практически не наблюдается.

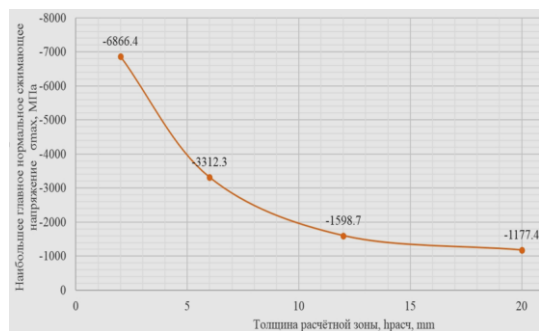


Рис. 4. Влияние толщины режущей пластины $h_{расч}$ (мм) на величину наибольшего сжимающего нормального напряжения в режущем клине $\sigma_{z\max}$ (МПа) у режущей кромки

Заключение

1. При толщине режущих пластин из твёрдого сплава ВК8 менее 5 мм при черновой обработке титанового сплава ВТ3-1 у главной режущей кромки возникают сжимающие напряжения, но их величина превышает предел прочности твёрдого сплава на сжатие, что приводит к выкрашиванию главной режущей кромки.
2. При толщине режущих пластин из твёрдого сплава ВК8 менее 5 мм на передней поверхности

возникают растягивающие напряжения, величина которых приближается к пределу прочности твёрдого сплава на растяжение.

3. При толщине режущих пластин из твёрдого сплава ВК8 менее 5 мм на нижней опорной поверхности режущих пластин появляются растягивающие напряжения, величина которых приближается к пределу прочности твёрдого сплава на растяжение.

4. В наибольшей степени толщина режущей пластины влияет на величину наибольшего напряжения у главной режущей кромки при толщине режущей пластины менее 7 мм.

5. Прочность режущей пластины из твёрдого сплава ВК8 недостаточна при её толщине менее 4 мм в случае обработки титанового сплава ВТ3-1.

Список литературы

1. Kozlov V. N., Li X. Influence of chip formation characteristics on flank contact load distribution in titanium alloy cutting / V. N. Kozlov, X. Li. // *Applied Mechanics and Materials: Scientific Journal*. – 2015. – Vol. 756: Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS2014). – pp. 126-131.
2. Афонасов А. И. Обрабатываемость заготовок из титанового сплава ВТ22, прошедших горячую обработку с защитными покрытиями / А. И. Афонасов // *Справочник. Инженерный журнал*. – 2014. – № 8. – С. 18-21.
3. Bogoljubova M. N. [et al.] Mathematical simulation and optimization of cutting modes in turning of titanium alloy workpieces [Electronic resource] / M. N. Bogoljubova [et al.] // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. — 2016. — Vol. 124 : Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS2015). — [012045, 6 p.].
4. Che-Haron C. H. Tool life and surface integrity in turning titanium alloy / C. H. Che-Haron // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2001. – № 3 – pp. 231-237.
5. Mohammadpour M., Razfar M. R., Jalili Saffar R. Numerical investigating the effect of machining parameters on residual stresses in orthogonal cutting / M. Mohammadpour, M. R. Razfar, R. Jalili Saffar // *Simulation modelling practice and theory*. – 2010 – № 18 – pp. 378-389.
6. Артамонов Е. В., Помигалова Т. У., Утешев М. Х. Исследование напряжений, деформаций и прочности сменных режущих пластин методом конечных элементов / Е. В. Артамонов, Помигалова Т. У., Утешев М. Х. / под общей ред. М.Х. Утешева. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. – 147 с.
7. Oraby S. E., Hayburst D. R. Tool life determination based on the measurement of wear and tool force ratio variation / S. E. Oraby, D. R. Hayburst // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 44, (2004), pp. 1261- 1269.