

**АНАЛИЗ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛА С НАГРЕВОМ**

Ключевые слова: период колебаний, конденсатор, стружкообразование, вибрация, пластический сдвиг, резанию металла.

Аннотация. В работе представлены результат исследования резания металла в холодном состоянии и с нагревом. Выводом является, что при резании с нагревом амплитудных колебаний усилия резания не происходит.

Релаксационные или разрывные автоколебания возникают в системах с периодически повторяющимися колебаниями системы. Механическим примером таких колебаний является колебания полого, открытого сверху цилиндра, способного вращаться вокруг горизонтальной оси О-О. У пустого цилиндра центр тяжести лежит ниже оси, и положение равновесия устойчиво. Когда же цилиндр наполняется жидкостью (через трубку В. Рис. 1), то положение центра тяжести постепенно повышается, равновесие делается неустойчивым, и цилиндр опрокидывается, быстро опорожняясь и возвращаясь в исходное положение. После этого процесс повторяется, причем периодичность его зависит от емкости цилиндра и расхода жидкости, поступающей по трубке В.

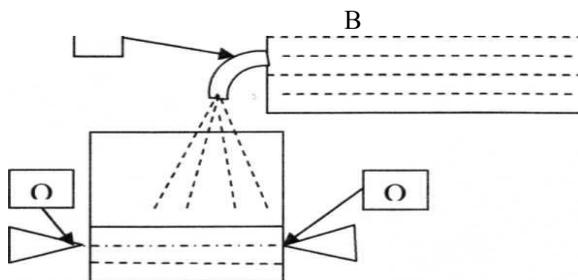


Рисунок 1 – Модель механической колебательной системы

Электрическим аналогом такой колебательной системы может быть схема с конденсатором C , включенным в сеть постоянного тока через сопротивление R . Параллельно конденсатору подключен тиратрон - лампа газового разряда с тремя электродами. Особенностью тиратрона является его вольтамперная характеристика: пока потенциал анода меньше некоторого критического значения (зависящего от потенциала сетки), ток через тиратрон не течет. При достижении этого потенциала (потенциала зажигания U_3) возникает значительный ток, уже не управляемый в дальнейшем потенциалом сетки. Для гашения разряда необходимо снизить анодный потенциал до величины, называемой потенциалом погасания U_n , причем $U_n < U_3$. Сопротивление r служит для ограничения течения тока через тиратрон и не играет существенной роли в колебательном процессе (оно всегда меньше R). Таким образом, конденсатор медленно заряжается через сопротивление R , а потом быстро разряжается через тиратрон (сопротивление r мало). Затем процесс повторяется.

Период разрывных колебаний механической системы (левая часть равенства) и колебательного электрического контура (правая часть равенства) может быть определен из зависимости

$$T = (t_2 - t_1) + (t_3 - t_2) = R \cdot C \cdot \left\{ \ln \frac{E - U_n}{E - U_3} + \frac{r}{R} \cdot \ln \frac{U_3}{U_n} \right\}$$

Регулирование периода разрывных колебаний электрической схемы достигается изменением величин E , C и R .

При обработке металла резанием происходят аналогичные колебания системы, обусловленные нарастанием давления режущего клина на металл, возникновение трещин и пластического сдвига кристаллов, в ходе которого давление клина на металл падает до минимума. Процесс пластического сдвига закончен, вновь идет нарастание давления клина на металл. Процесс резания состоит из многократного повторения этих колебаний силового импульса.

Период колебаний в виде функциональной зависимости можно описать так

$$T = (t_2 - t_1) + (t_3 - t_2),$$

где t_2 - время нарастания давления режущего клина на металл, t_1 - время начала пластического сдвига металла в корне стружки, t_3 - время перемещения резца по трещине скалывания, образованной в результате пластического сдвига кристаллов.

При холодном резании период колебаний зависит от прочностных свойств обрабатываемого материала и твердости режущего инструмента, а также технологических режимов резания (величины подачи и глубины резания), геометрии режущего инструмента.

При резании с нагревом, по наблюдениям авторов работ [1] и [2] наблюдается сход с резца прямой стружки с резким снижением величины колебаний. Особенно резко эта разница заметна при резании сварных швов и наплавленного металла.

В процессе стружкообразования при резании с нагревом все напряженные кристаллы испытывают пластический сдвиг, а следовательно, стружка целиком состоит из кристаллов претерпевших пластический сдвиг. Это объясняется тем, что у стали 45 при температурах свыше 500°C межатомные связи ослабевают и пластический сдвиг происходит при значительно меньших усилиях резания. Подтверждением данного факта служит резкое снижение усилия резания, зафиксированное динамометром. Результаты замеров колебания усилия резания при обработке холодным резанием поясков различно наплавленного металла приведены в таблице 1. Сравнивая результаты замеров можно утверждать, что нагрев наплавленного слоя до температуры разупрочнения позволил резать металл со значительно меньшим усилием резания примерно в 4 раза. Кроме того, амплитуда колебаний силы резания также резко снизилась. $1661-1308 = 353$ Н/мм при холодном резании и $446-440 = 6$ Н/мм при резании с нагревом.

Данный результат находится в пределах погрешности измерения усилия динамометром. Поэтому можно считать, что при резании с нагревом амплитудных колебаний усилия резания не происходит. Вывод подтверждается замером уровня вибрации, установленным на резце вибро - акустическим преобразователем «ДТ-1».

Аналогичные образцы обрабатывались резанием с нагревом. Результаты замеров колебаний усилия резания с нагревом приведены в таблице 2.

Приведенные результаты резания с нагревом детали до температуры в 500°C неплохо согласуются с данными, полученными при резании с нагревом стали 45 примерно при таких же режимах резания [1], [2].

Сделанное наблюдение подтверждает при резании с нагревом факт пластического течения всего металла при стружкообразовании, а не отдельных его частей, как при холодном резании.

Таблица 1 – Результаты замеров колебания усилия резания при обработке холодным резанием поясков различно наплавленного металла

Характеристика наплавленного слоя				Режимы холодного резания			
Диаметр образца, мм	Толщина слоя, мм	Направление наплавки	Ширина слоя, мм	n , об/мин	S , мм/об	t , мм	P_{zmax}/P_{zmin} Н/мм
45,0	3,5	вдоль	5,0	315	0,28	0,5	1661/ 1308
45,0	3,5	поперек	5,0	315	0,28	0,5	1620/ 1291
45,0	3,5	Тангенциально	5,0	315	0,28	0,5	1640/ 1300

Таблица 2 – Результаты замеров колебаний усилия резания с нагревом

Характеристика наплавленного слоя металла				Режимы холодного резания до температуры в 500°C			
Диаметр образца, мм	Толщина слоя, мм	Направление наплавки	Ширина слоя, мм	n , об/мин	S , мм/об	t , мм	P_{zmax}/P_{zmin} Н/мм
45,0	3,5	вдоль	5,0	315	0,28	0,5	446/ 440
45,0	3,5	поперек	5,0	315	0,28	0,5	442/ 434
45,0	3,5	Тангенциально	5,0	315	0,28	0,5	444/ 438

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев В. П. Обработка металлов резанием. М.: ГИОП, 1959. 600 с.
2. Панов А. А., Аникин В. В. и др. Обработка металлов резанием. Справочник технолога машиностроения. 2004. 460 с.

VIBRATIONAL ANALYSIS OF PROCESSES IN HOT METAL CUTTING

Keywords: *oscillation period, capacitor, chip control, vibration, plastic shear, metal cutting.*

The summary. *The results of the study of metal cutting cold and heat. Conclusion is that in cutting the heating amplitude vibration cutting force occurs.*

ГОЕВА ВЕРА ВЛАДИМИРОВНА – доцент кафедры тракторы и автомобили, Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (triamur@mail.ru).

GOEVA VERA VLADIMIROVNA – Associate Professor of tractors and cars, Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Russia, Knyaginino, (triamur@mail.ru).
