

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАБАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА НА ВЕЛИЧИНУ УГЛА СХОДА СТРУЖКИ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

В процессе исследований обрабатываемости материалов авторами проводились многочисленные эксперименты по определению влияния различных физико-механических свойств обрабатываемого материала (стали 20ХНЗА) на величину угла схода стружки при свободном резании. Опыты по определению угла схода стружки осуществлялись по известной методике, [1].

При этом исследовались как парные зависимости между углом схода стружки и твердостью НВ, пределом прочности σ_b , относительным удлинением δ , относительным сужением ψ , ударной вязкостью a_n , частотой f и амплитудой A колебаний, вызванных ударным воздействием на обрабатываемый материал, частоты собственных колебаний образца γ , параметров тонкой кристаллической структуры, процентного содержания остаточного аустенита, микротвердости и сил резания P_x , P_y , P_z , P , так и зависимости угла схода стружки от совместного воздействия всех названных параметров.

Отдельно были проведены исследования влияния на величину угла схода стружки твердости, предела прочности, относительных удлинения и сужения, ударной вязкости в первом случае и частоты и амплитуды колебаний, вызванных ударным воздействием на обрабатываемый материал, частоты собственных колебаний обрабатываемой заготовки, плотности дислокаций, величины блоков мозаики и содержания остаточного аустенита. Частота собственных колебаний заготовки оценивалась по показаниям прибора „Звук-107“ согласно методике, разработанной Институтом прикладной физики НАН РБ. Плотность дислокаций и величину блоков мозаики определяли по суммарной ширине рентгеновских линий В110 и В220.

Исследование совокупного воздействия НВ, σ_b , δ , ψ , a_n , f , A , γ , плотности дислокаций, величины блоков мозаики и процента остаточного аустенита OA на величину угла схода стружки позволили получить следующие зависимости:

$$\text{Уг. сх.} = \exp(5,05 + 0,0011\text{НВ} - 0,0011\sigma_b - 0,0294\delta + 0,0042\psi - 0,0004a_n + 0,00001f + 0,0016A + 0,0119\gamma - 0,3086B_{110} + 0,2002B_{220} + 0,0026(OA))$$

$$\text{Уг. сх.} = 1 / ((2,996 + 2,149\text{НВ} - 0,026\sigma_b + 2,916\delta + 2,834\psi - 0,832a_n + 1,783f + 2,903A + 2,863\gamma + 2,997B_{110} + 2,994B_{220} + 2,971(OA)))$$

$$\text{Уг. сх.} = 143,07 - 0,041\text{НВ} - 0,02\sigma_b - 1,996\delta + 0,251\psi + 0,002a_n - 0,006f + 0,111A + 0,749\gamma - 53,26B_{110} + 8,61B_{220} + 0,239(OA)$$

$$\text{Уг. сх.} = 292 \cdot \text{НВ}^{0,091} \sigma_b^{-0,223} \delta^{-0,615} a_n^{0,063} f^{-0,055} A^{0,018} \gamma^{0,4} B_{110}^{-0,918} B_{220}^{0,252} OA^{0,010} \psi^{-0,062}$$

Как оказалось, лучше других описывает зависимость угла схода стружки от указанных одиннадцати физико-механических параметров обрабатываемого материала линейная модель (коэффициент множественной корреляции 0,654). Несколько ниже коэффициент множественной корреляции наблюдался при использовании экспоненциальной модели (0,546). Линейная модель может быть с успехом использована для подобного рода анализа.

Как видно из приведенных выражений, в большей степени на угол схода стружки оказывают плотность дислокаций, величина блоков мозаики, упруго-пластические свойства материала (относительные удлинение и сужение), частота собственных колебаний образца. Твердость же, предел прочности, ударная вязкость влияния на величину схода стружки практически не оказывают.

В связи с изложенным выше, отдельно были проведены исследования по определению зависимостей угла схода стружки от твердости, предела прочности, относительного удлинения, относительного сужения и ударной вязкости по линейной, экспоненциальной, мультипликативной, обратной и логарифмической моделям. При этом были получены следующие зависимости:

$$\text{Уг. сх.} = \exp(4,757+0,002\text{HB}-0,0007\sigma_b-0,023\delta+0,008\psi-0,00006a_n)$$

$$\text{Уг. сх.} = 1/(1,798+1,3\text{HB}-0,02\sigma_b+1,75\delta+1,7\psi-0,477a_n)$$

$$\text{Уг. сх.} = 114,76-3,94\ln(\text{HB})+1,44\ln(\sigma_b)-40,5\ln\delta+26,196\ln\psi+1,208\ln(a_n)$$

$$\text{Уг. сх.} = 98,623-0,007\text{HB}-2,41\sigma_b-1,745\delta+0,607\psi+2,624E-0,5a_n$$

$$\text{Уг. сх.} = 126,82\text{HB}^{-0,033} \sigma_b^{0,0005} \delta^{-0,471} \psi^{0,299} a_i^{0,015}$$

Из анализа полученных зависимостей видно, что и в этом случае на величину угла схода стружки в большей степени влияют относительные удлинения и сужение. Твердость, предел прочности и ударная вязкость оказывают на угол схода стружки значительно меньшее влияние. Сравнивая значения коэффициентов множественной корреляции, можно заметить, что для трех моделей – логарифмической, мультипликативной и линейной – они примерно равны и соответственно составляют 0,545, 0,54 и 0,546. Это говорит о том, что эти модели в определенных условиях могут применяться для анализа зависимостей угла схода стружки от твердости, предела прочности, относительного удлинения, относительного сужения и ударной вязкости. Вместе с тем, необходимо отметить достаточно слабую корреляционную связь между углом схода стружки и названными пятью свойствами материала.

При исследовании зависимости угла схода стружки от частоты и амплитуды колебаний, вызванных ударным воздействием на обрабатываемый материал, частоты собственных колебаний заготовки, параметров тонкой кристаллической структуры и процента остаточного аустенита были использованы экспоненциальная, мультипликативная, обратная и линейная модели.

$$\text{Уг.сх.} = \exp(4,334-0,00009f+0,0018A+0,0102\gamma-0,3373B_{110}-0,0251B_{220}+0,0022(OA))$$

$$\text{Уг.сх.} = 1/(0,4997-0,1186f+0,4384A+0,4213\gamma+0,4996B_{110}+0,4992B_{220}+0,5199(OA))$$

$$\text{Уг.сх.} = 75,49-0,0063f+0,1536A+0,8497\gamma-28,0808B_{110}-2,1839B_{220}+0,1979(OA)$$

$$\text{Уг. Сх.} = 32,334f^{-0,0759} A^{0,1896} \gamma^{0,3134} B_{110}^{-0,2869} B_{220}^{-0,03} OA^{0,0711}$$

Лучшие результаты были получены при использовании линейной и экспоненциальной моделей, коэффициенты множественной корреляции составили соответственно 0,462 и 0,459. Несмотря на достаточно слабые зависимости, можно констатировать, что на угол схода стружки большее влияние оказывают плотность дислокаций и величина блоков мозаики.

Одновременно с этим, проводились исследования по выявлению парных взаимодействий между углом схода стружки и силами резания P_x , P_y , P_z , P и одиннадцатью перечисленными выше физико-механическими свойствами обрабатываемого материала.

Необходимо отметить, что достаточно четких корреляционных зависимостей между углом схода стружки и силами резания P_x , P_y , P_z , P обнаружить не удалось (в случае, когда не учитывались конкретные режимы термической обработки). При учете режимов термообработки для названных парных взаимодействий были зафиксированы слабые корреляционные зависимости уг. сх.= $f(P_x)$, уг. сх.= $f(P_y)$, уг. сх.= $f(P_z)$, уг. сх.= $f(P)$, корреляционное отношение составляло от 0,39 до 0,49.

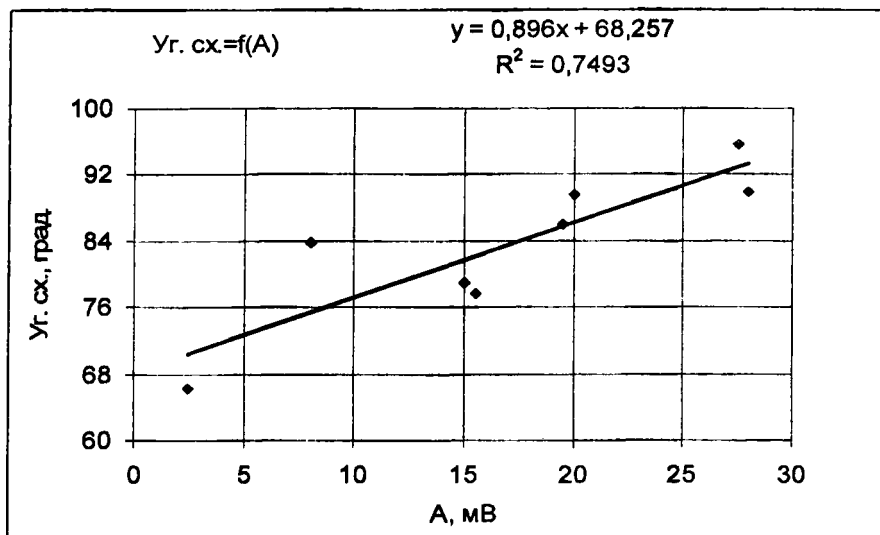


Рис. 1. График зависимости величины угла схода стружки от амплитуды колебаний, вызванных ударным воздействием на обрабатываемую заготовку, для конкретного режима термообработки (охлаждение вместе с печью до температуры 500°C, а затем – на спокойном воздухе)

При исследовании зависимости угла схода стружки от амплитуды колебаний, вызванных ударным воздействием на заготовку, было установлено, что существует достаточно четкая взаимосвязь между названными параметрами в том случае, когда рассматривается влияние амплитуды на угол схода стружки для конкретного способа охлаждения после термообработки. Всего было использовано три способа охлаждения: с печью до 500°C, а затем – на спокойном воздухе; в струе воздуха и на спокойном воздухе. Если же такая взаимосвязь рассматривается для совместного воздействия всех трех режимов обработки, корреляционное отношение составляет всего 0,36.

Аналогичная тенденция была обнаружена и при исследовании парных зависимостей величины угла схода стружки от твердости, предела прочности, относительного удлинения, относительного сужения, ударной вязкости, частоты колебаний, вызванных ударным воздействием на обрабатываемую заготовку, частотой собственных колебаний заготовки, плотности дислокаций, величины блоков мозаики, доли остаточного аустенита, сил резания.

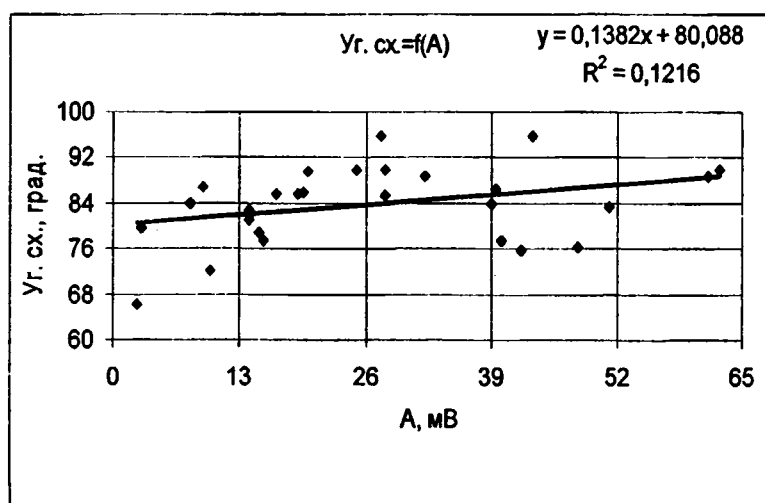


Рис. 2. График зависимости величины угла схода стружки от амплитуды колебаний, вызванных ударным воздействием на обрабатываемый материал, без учета влияния режимов термообработки

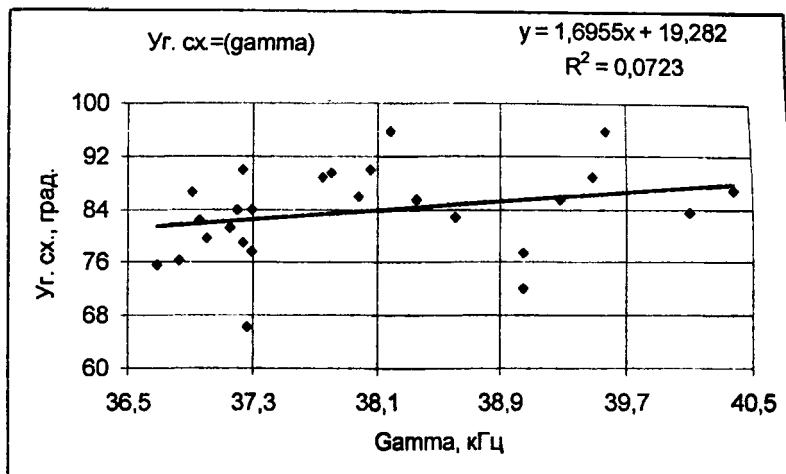


Рис. 3. График зависимости угла схода стружки от частоты собственных колебаний заготовки

Для сравнения показаны графики зависимости угла схода стружки от амплитуды колебаний, вызванных ударным воздействием на обрабатываемый материал, и частоты собственных колебаний заготовки для всей совокупности термических обработок.

Как видно из представленных рисунков, с увеличением амплитуды колебаний, вызванных ударным воздействием на обрабатываемый материал, наблюдается тенденция к возрастанию величины угла схода стружки. Аналогичное влияние на величину угла схода стружки оказывают относительное сужение, ударная вязкость, частота собственных колебаний заготовки.

С увеличением твердости и относительного удлинения, наоборот, величина угла схода стружки имеет тенденцию к уменьшению.

Вместе с тем, необходимо отметить, что парные взаимодействия „угол схода стружки - твердость“, „угол схода стружки - предел прочности“, „угол схода стружки - величина блоков мозаики“, „угол схода стружки - % остаточного аустенита“, „угол схода стружки - R_x “, „угол схода стружки - R_y “, „угол схода стружки - R_z “, „угол схода стружки - R “, „угол схода стружки - износ резца“ весьма слабые и реальной информации из них получить затруднительно.

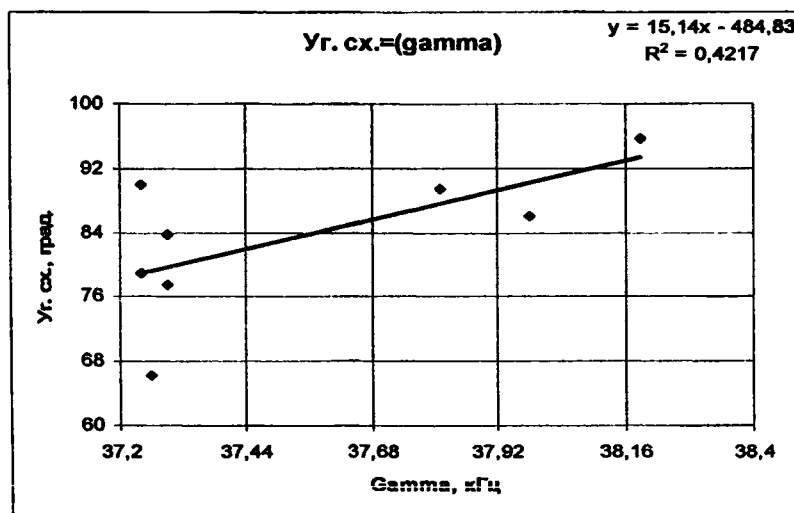


Рис. 4. Зависимость величины угла схода стружки от частоты собственных колебаний заготовки для первого режима термической обработки (охлаждение вместе с печью до температуры 500°C, а затем - на спокойном воздухе)

ЛИТЕРАТУРА

1. Ящерицын П.И., Еременко М.Л., Фельдштейн Е.Э. Физические и тепловые процессы в технологических системах. - Мн.: Выш. школа, 1990. - 511 с.