УДК 621.7:006

# ПРОЕКТ НОРМАТИВНОГО ДОКУМЕНТА «ПРИЗНАЧЕННЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИПУСКІВ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ»

**©Гордєєв А. С.**

*Українська інженерно-педагогічна академія*

**Інформація про автора:**

**Гордєєв Андрій Сергійович:** ORCID: 0000-0001-6521-3937; gordeew@ukr.net; доктор технічних наук; завідувач кафедри інформаційних комп'ютерних і поліграфічних технологій; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Метою роботи є зниження матеріаломісткості заготовок і енерговитрат при лезовій обробці зовнішніх поверхонь тіл обертання за рахунок розробки нормативного документа «Призначення операційних припусків при механічній обробці».

Технологія виготовлення деталей складної форми базується на різанні, яке забезпечує високу точність і якість обробленої поверхні. Удосконалення цієї технології іде у напрямку одержання економічних, точних заготовок і скорочення питомої ваги механічної обробки металів. Актуальність цього найбільш очевидна сьогодні, коли потреби в сировині, паливі, енергії не можуть бути повністю задовольни.

В процесі практичної реалізації отриманих автором наукових розробок, був запропонований проект стандарту підприємства «Призначення операційних припусків при механічній обробці». Мінімізація енергетичних витрат на механічну обробку досягається методами динамічного програмування стосовно до конкретних операцій і в цілому до технологічного процесу за рахунок оцінки їх оптимальності по показникам точності, енергоємності і собівартості.

***Ключові слова:*** припуск; шорсткість; точність обробки; швидкість різання; продуктивність; енергоємність; стандарт підприємства.

***Гордеев А. С.*** «Проект нормативного документа «Назначение операционных припусков при механической обработке».

Целью работы является снижение материалоемкости заготовок и энергозатрат при лезвийной обработке наружных поверхностей тел вращения за счет разработки нормативного документа «Назначение операционных припусков при механической обработке».

Технология изготовления деталей сложной формы базируется на резании, которое обеспечивает высокую точность и качество обработанной поверхности. Совершенствование этой технологии идет в направлении получения экономических, точных заготовок и сокращение удельного веса механической обработки металлов. Актуальность этого наиболее очевидна сегодня, когда потребности в сырье, топливе, энергии не могут быть полностью удовлетворены.

В процессе практической реализации полученных автором научных разработок, был предложен проект стандарта предприятия «Назначение операционных припусков при механической обработке». Предложенный вероятностно-аналитический метод расчета операционных припусков позволяет учитывать изменение составляющих факторов. Минимизация энергетических затрат на механическую обработку достигается методами динамического программирования применительно к конкретным операциям и в целом к

©Гордєєв А. С., 2017

технологическому процессу за счет оценки их оптимальности по показателям точности, энергоемкости и себестоимости.

***Ключевые слова:*** припуск; шероховатость; точность обработки; скорость резания; производительность; энергоёмкость; стандарт предприятия.

***Gordeev A.*** "The draft regulations "Purpose of operating when machining allowances".

The aim is to reduce material consumption and energy consumption in the blanks lezovoy processing external surfaces of bodies of revolution by developing normative document "Assignment of operating allowances during machining".

Technology manufacturing parts of complex shape is based on the cutting that provides high accuracy and quality of surface finish. The improvement of this technology goes toward obtaining economic, precise pieces and reduce the proportion of machining metals. The relevance of this is most evident today, when the demand for raw materials, fuel, energy can not be completely satisfy.

During the practical implementation of scientific research obtained by the author, was proposed draft standard enterprise "Assignment of operating allowances during machining". The proposed likely analytical method for calculating operational allowances takes into account the components changing factors in leveling the playing field with existing methods allows to obtain specified in operating allowances. Minimizing energy costs for machining is achieved by means of dynamic programming applied to specific transactions and in general to the manufacturing process by evaluating their optimal parameters for compromise accuracy of power consumption and cost.

***Key words:*** allowance; roughness; processing accuracy; cutting speed; productivity; energy capacity; standard enterprise.

**1. Вступ**

Ресурсозбереження у сфері матеріального виробництва є одним з головних напрямків науково-технічного прогресу. Вилічення цієї проблеми забезпечує істотну економію не тільки енергії і матеріалів, але і праці. Машинобудування – одна з провідних галузейй економіки, які використовують метали, тому матеріаломісткість і, як наслідок, енергоємність продукцій, що випускається, значно впливає на інтенсифікацію економіки країни.

Технологія виготовлення деталей складної форми базується на різанні, яке забезпечує високу точність і якість обробленої поверхні. Удосконалення цієї технології іде у напрямку одержання економічних, точних заготовок і скорочення питомої ваги механічної обробки металів. Актуальність цього найбільш очевидна сьогодні, коли потреби в сировині, паливі, енергії не можуть бути повністю задовольни.

**2. Аналіз досліджень і публікацій**

Аналіз літературних джерел показав, сучасні методи розрахунків припуску базуються на дослідженнях, проведених А. П. Соколовським, В. М. Кованом, А. М. Капустиним [1-6]. Найбільш фундаментальні роботи були виконані В. М. Кованом, який запропонував метод розрахунків припусків, який базується на аналізі факторів, спливаючих на припуски попереднього і виконуе мого переходів технологічного процесу обробки поверхні. Розрахунково-аналітичний метод має широке впровадження. Однак він дає збільшені значення необхідних припусків, що по окремим випадкам складає до 300% від необхідної мінімальної величини.



©Гордєєв А. С., 2017

Аналізуючи переглянуту літературу, можливо зробити висновок, що існуючи методики призначення операційних припусків і розмірів заготовок мають ряд недоліків, вони:

- недостатньо точні у плані аналізу взаємодіючих факторів при механічній обробці;
- не враховують енергоємність подальшої механічної обробки.

**3. Енергобаланс процесу лезової обробки**

На думку автора взаємозв'язок параметрів процесу різання і якісних характеристик обробленої поверхні необхідно досліджувати розділяючись статично стійкі системи. З одного боку заготовка і енергія, яка уводиться у зону стружко утворення. З другого – оброблена поверхня, стружка і теплота, яка виділяється в процесі різання. При такому підході можливо з більшою точністю і з різних сторін досліджувати усі перелічені складові.

Взаємозв'язок енергетичних параметрів процесу різання і структури технологічного процесу повинний лежати у якісних характеристиках обробленої поверхні

$$\begin{cases} K = F(v, s, t, E) \\ CT = F(K) \end{cases}$$

де $F(v, s, t, E)$ – енергетичні параметри процесу різання; $K$ – якісні характеристики ній поверхні; $CT$ – структура технологічного процесу.

Прогнозування параметрів якості обробленої поверхні при механообробні на базі аналізу імітаційних моделей дозволяє. Створити алгоритми оцінки варіантів технологічних процесів.

Енергобаланс процесу лезової обробки розглядається на рівні міцності міжатомного зв'язку. Міцність міжатомного зв'язку у кристалах є основним фактором, який визначає опірність деформування і руйнування металів. Вона визначається з умов деформації або руйнування у пружній області ідеальних кристалічних решіток. Енергія зв'язку ідеальних кристалів прямо пропорційна кількості атомів

$$E_{min} = N \cdot E_0$$

де $E_0$ – енергія первинного зв'язку; $N$ – кількість атомів зв'язку.

График цієї функції має параболічний вигляд (рис.1). З нього наочно видно, що навіть невелике зниження глибини різання приводить до значного зниження енерговитрат. В наслідок чого, з усіх технологічних параметрів глибина різання і, як слідство, операційні припуски потребують детального розглядання з точки зору їх енергетичної суті. Стосовно до реальних технологічних процесів, вірно встановлена величина знімає мого шару дозволяє уникнути невиправдано завищених енерговитрат під час механічної обробки.

Дислокаційно-енергетична модель різання і методика імовірного формування припусків дають можливість розрахунковим шляхом вирішувати ряд задач проектування технологічного процесу.

Фізичний стан (структура, властивості) і напруга поверхневого шару деталі в основному є слідством пружно-пластичної деформації і місцевого нагріву, виникаючих у зоні різання. Під час механічної обробки деформація металу поверхневого шару по глибині носить затухаючий характер, з нерівномірним падінням інтенсивності зміцнення.

Головну роль у процесі утворення мікронерівностей на обробленій поверхні належить пластичній деформації. Формування мікрорельєфу обробленої поверхні при різанні можливо розглядати як результат одночасного виявлення різних механізмів:

- пластичної деформації біля вершини тріщини, що рухається;
- її розгалуження і пластичної деформації під час тертя на задній поверхні інструменту.

На основі розробленій математичної моделі у роботі одержана залежність величини шорсткості обробленої поверхні як функції енерговитрат і глибини різання при обробці

$$R_z = \frac{12,8}{v^{0,86} \cdot s^{0,72} \cdot t^{0,58}} \cdot K_R$$

де $v$ – швидкість різання; $s$ – подача; $t$ - глибина різання; $K_R$ – поправочний коефіцієнт.

©Гордєєв А. С., 2017

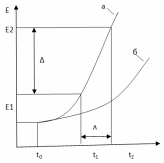


**Рис. 1** – Залежність енерговитрат від величини знімає мого шару:
а – для ідеальних кристалів;
б – для реальних металів.

Найменше значення припуску визначається з умов обов'язкового віддалення дефектів поверхневого шару, які виникнули на попередній операції обробки (шорсткість поверхні і глибина дефектного шару). У реальних умовах величина шорсткості залежить від коливань фізико-механічних властивостей матеріалу, коливань деформацій і режимів різання. Тобто є випадковою величиною. З іншого боку, величина дефектного шару при механообробці залежить від параметрів стружкоутворення, властивостей матеріалів, режимів різання, тобто також є випадковою величиною.

На підставі проведених досліджень запропонована залежність для визначення імовірного значення операційного припуску

$$Z_i = [R_z + h]_{i-1} + 0{,}25\sqrt{\delta_{R_z}+\delta_h^2} + \sqrt{T_i^2 + T_{i-1}^2 + K_z \sum_{i=0}^{n+1} e_i^2}$$

де $R_z$ – шорсткість поверхні; $h$ – глибина дефектного шару; $\delta_{Rz}$, $\delta_h$ – допуск на відхилення шорсткості поверхні і дефектного шару; $T_i$ – просторові відхилення; $K_z$ – коефіцієнт; e – похибка установки.

Розроблені залежності враховують як математичне очікування величин шорсткості і дефектного шару, так і їх розсіяння на попередніх операціях.

Значення коефіцієнту просторових розсіянь враховується композицією законів відхилень, а його найбільш імовірна величина дорівнює:

- для асиметричних припусків $K_z$=1,2;
- для симетричних $K_z$=2,4.

**Висновки**

В процесі практичної реалізації отриманих автором наукових розробок, був запропонований проект стандарту підприємства «Призначення операційних припусків при механічній обробці». Запропонований імовірно-аналітичний метод розрахунку операційних припусків дозволяє враховувати змінення складових факторів, що у зрівнянні з існуючими методиками дозволяє одержувати уточнені величини операційних припусків. Мінімізація енергетичних витрат на механічну обробку досягається методами динамічного програмування стосовно до конкретних операцій (попередніх, чорнових, чистових, обробних) і в цілому до технологічного процесу за рахунок оцінки їх оптимальності по компромісним показникам точності, енергоємності і собівартості.

**Список використаних джерел:**

1. Грановский Г. И. Резание металлов : учеб. для машиностр. и приборостр. спец. вузов. – М. : Высшая школа, 1985. – 304 с. : ил.
2. Макаров А. Д. Оптимизация процессов резания / А. Д. Макаров. – М. : Машиностроение, 1976. – 278 с.
3. Резников А. Н. Тепловые процессы в технологических системах / А. Н. Резников. – М. : Машиностроение, 1990. – 288 с. : ил.
4. Розенберг Ю. А. Резание материалов / Ю. А. Розенберг. – Курган : Издво ОАО «Полиграфический комбинат Зауралье», 2007. – 294 с. : ил.
5. Силин С. С. Расчет оптимальной скорости резания при зенкеровании сталей и сплавов / С. С. Силин // Станки и инструмент. – 1989. – № 6. – С. 34.
6. Фальковский В. А. Твердые сплавы / В. А. Фальковский. – М. : Издательский дом «Руда и металлы», 2005. – 416 с.

**References**

1. Granovskiy, G 1985, *Rezaniye metallov*, Vysshaya shkola, Moskva.
2. Makarov, A 1976, *Optimizatsiya protsessov rezaniya*, Mashinostroyeniye, Moskva.
3. Reznikov, A 1990, *Teplovyye protsessy v tekhnologicheskikh sistemakh*, Mashinostroyeniye, Moskva.
4. Rozenberg, Yu 2007, *Rezaniye materialov*, OAO "Poligraficheskiy kombinat Zauralye", Kurgan.
5. Silin, S 1989, "Raschet optimalnoy skorosti rezaniya pri zenkerovanii staley i splavov", *Stanki i instrument*, no. 6, p.34.
6. Falkovskiy, V 2005, *Tverdyye splavy*, Izdatelskiy dom "Ruda i metally", Moskva.

Стаття надійшла до редакції 6 квітня 2017 р.



©Гордєєв А. С., 2017