

УДК 658.012

В.М. Тонконогий, доцент, канд. техн. наук

Одесский национальный политехнический университет

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ НАНЕСЕНИИ ВАКУУМНОГО ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО ПОКРЫТИЯ

Рассматривается задача оптимального размещения инструмента при нанесении на него вакуумных ионно-плазменных покрытий. Приводятся практические результаты исследований.

При нанесении вакуумных ионно-плазменных покрытий на режущий инструмент большое внимание исследователей уделяется параметрам плазменного потока и физико-химическим процессам взаимодействия этого потока с атмосферой низкого давления в вакуумной камере и металлом инструмента [1,2]. Именно эти факторы обеспечивают получение качественной по техническим показателям, конкурентоспособной продукции [3]. Однако при этом «за бортом» остаются такие проблемы, как повышение таких технико-экономических показателей технологии нанесения, как производительность соответствующих установок, разделение инструмента с покрытием по сортности, стоимостная политика и т.п.

Поэтому поставленная в работе задача оптимизации размещения формулируется следующим образом: максимизировать прибыль от нанесения вакуумного ионно-плазменного покрытия на единицу режущего инструмента (резец, фреза, сверло и т.п.)

$$\dot{I} \rightarrow \max$$

при следующих ограничениях на качество выпускаемой продукции

$$\delta_{\min} \leq \delta \leq \delta_{\max}; H_{\min} \leq H_m \leq H_{\max}; D_{\min} \leq D \leq D_{\max};$$

$$\sigma_{cy \min} \leq \sigma_{cy} \leq \sigma_{cy \max}, \quad (1)$$

где δ – толщина покрытия, м; H_m – твердость покрытия, Па; D – дефектность покрытия, балл; σ_{cy} – прочность сцепления с подложкой, Па.

Для вывода зависимости стоимости покрытия одного инструмента от параметров размещения рассмотрим схему закрепления инструментов (подложек, на которые будет нанесено покрытие) в кассете, располагаемой в вакуумной камере (рисунок 1).

Как видно из рисунка, учитываемыми параметрами размещения являются: B – расстояние между осями крайних заготовок в кассете; b – расстояние между осями соседних заготовок в кассете; α – угол между двумя соседними кассетами; R – наружный радиус мишени; r – внутренний радиус мишени; d – диаметр инструмента.

Из очевидных геометрических соображений количество инструментов в одном цикле нанесения N определяется по следующему выражению:

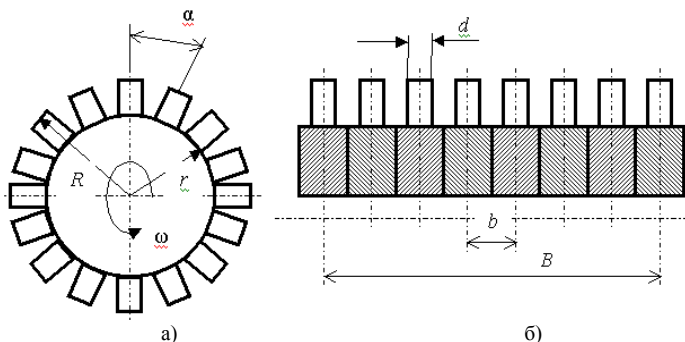


Рисунок 1 – Схема закрепления режущего инструмента (подложек) в кассетах при вакуумном ионно-плазменном нанесении покрытий: а – вид на мишень сбоку; б – кассета с инструментом в сборе

$$N = \left(\frac{B}{b} + 1 \right) \frac{2\pi}{\alpha}. \quad (2)$$

Однако в реальной технологии попытка увеличить N за счет уменьшения b и α приводит к снижению качества покрытия, так как при малых расстояниях между заготовками процесс осаждения становится неустойчивым, что приводит к отклонению качества покрытия к нижней допустимой границе в рамках нормативных параметров инструмента.

Так, например, толщина покрытия δ следующим сложным образом зависит от расстояния между осями соседних заготовок в кассете b (рисунок 2).

Все это приводит к тому, что при нанесении покрытия получают инструменты, которые в дальнейшем могут быть отнесены к одному из трех сортов качества: первому, второму и третьему, причем доли количества инструмента каждого сорта в партии s_1, s_2, s_3 сложным образом зависят от геометрических параметров B, b, α, R, r и d . Очевидно, что

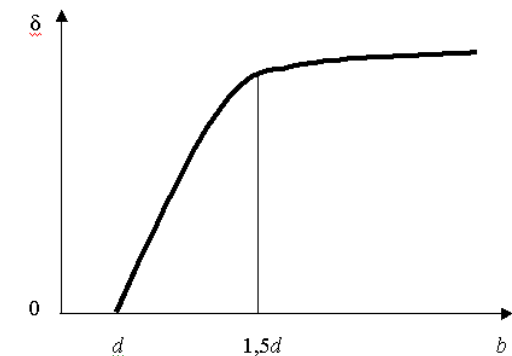


Рисунок 2 – Типичный характер зависимости толщины покрытия от расстояния между осями заготовок

$$N_1 + N_2 + N_3 = N,$$

где N_1, N_2, N_3 – количества инструментов разных сортов.

Таким образом, в зависимость показателя эффективности процесса от геометрии размещения вносится существенная нелинейность.

Общую стоимость обработки можно подсчитать по выражению

$$C = N \sum_{i=1}^3 s_i C_i ,$$

где C_i – стоимость инструмента каждого сорта соответственно, что с учетом (2) составит

$$C = \left(\frac{B}{b} + 1 \right) \frac{2\pi}{\alpha} \sum_{i=1}^3 s_i C_i ,$$

а прибыль составит

$$\Pi = C - 3 = \left(\frac{B}{b} + 1 \right) \frac{2\pi}{\alpha} \sum_{i=1}^3 s_i C_i - 3 , \quad (3)$$

где 3 – технологические затраты на один цикл нанесения.

Выражение (3) представляет собой зависимость целевой функции оптимизации от технико-экономических характеристик процесса: B , b , α , s_i , C_i , 3. Анализ изменения целевой функции при варьировании управляющих воздействий показал, что она является многоэкстремальной.

Таким образом, выражение (3) является нелинейной функцией, многомерная поверхность которой содержит множество впадин и выступов, причем один из последних представляет собой оптимальное решение задачи, так как Π на этом выступе – глобальный максимум (3) с ограничениями (1). Поэтому решение задачи оптимизации осуществлялось с помощью генетического алгоритма Холланда [4].

Предложенный подход был практически реализован при технологической подготовке процесса нанесения износостойких покрытий из нитрида титана на осевые инструменты (сверла, развертки) диаметром 10...24 мм. С учетом результатов оптимизации были спроектированы кассеты для установки таких инструментов применительно к вакуумной установке модели ННВ6.6-И1. Внедрение спроектированной оснастки позволило увеличить выход инструмента с износостойким покрытием 1 сорта до 82% при отсутствии инструментов 3 сорта.

В дальнейшем предполагается распространить данные исследования на другие типоразмеры инструмента и учесть в оптимизационной модели фактор вращения кассет с инструментами в процессе нанесения износостойкого покрытия.

Библиографический список

1. Зекцер М.П. Теоретическое исследование высокоскоростных потоков плазмы, истекающих из катодного пятна вакуумной дуги / М.П. Зекцер, Г.А. Любимов //

ЖТФ. — 1980. — Т. 50. — Вып. 1. — С. 78–86.

2. Ройх И.Л. Нанесение защитных покрытий в вакууме / И.Л. Ройх, Л.Н. Колтунова, С.Н. Федосов. — М.: Машиностроение, 1976. — 367 с.

3. Внуков Ю.Н. Нанесение износостойких покрытий на быстрорежущий инструмент / Ю.Н. Внуков, А.А. Марков, Л.В. Лаврова. — К.: Техніка, 1992. — 143 с.

4. Вороновский Г.К. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Г.К. Вороновский, К.В. Махотило, С.Н. Петрашев. — Харьков: Изд-во «Основа», 1997. — 110 с.

Поступила в редакцию 22.10.2003 г.