

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗНОСА РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ГОЛОВОК ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ БОЛЬШИХ ДИАМЕТРОВ

Особенностью процесса глубокого сверления отверстий больших диаметров есть переменные условия резания вдоль режущих кромок инструмента по причине переменной скорости резания. Причём, если изменение скорости резания прямо пропорционально диаметру, на котором установлена режущая пластина, изменения в стужкообразовании, силовом нагружении режущих частей, износе и наклёпе на разных участках режущих кромок инструмента представляют собой нелинейные функции с несколькими переменными.

Особенно важно учитывать эти зависимости при проектировании и эксплуатации головок глубокого сверления больших диаметров, режущая часть которых должна сохранять свою стойкость на протяжении всего периода сверления и в то же время обеспечивать формирование элементной, легко удаляемой стружки приблизительно одинакового размера на всех участках.

С целью выявления характера износа режущих пластин таких головок нами был проведен ряд экспериментов со скоростной головкой глубокого сверления $\varnothing 70$ ТВТАЗ-70.00SE4-62 фирмы TaeguTec (рис. 1), оснащённой сменными твердосплавными пластинами.



Рисунок 1 – Фото головки глубокого сверления $\varnothing 70$ ТВТАЗ-70.00SE4-62 фирмы TaeguTec

Сверление проводилось на глубокосверлильном станке Tасchi FT450 в условиях системы STS (BTA). Наружный подвод СОЖ осуществлялся под давлением 2 МПа насосом с производительностью 250 л/мин, что дало возможность испытывать режущие пластины на сравнительно высоких для глубокого сверления скоростях. Тем самым был обеспечен широкий диапазон скорости вдоль режущей части: от 0 м/мин в осевой зоне центральной режущей пластины до 79 м/мин на

периферийной. При этом все режущие пластины в силу процесса работали в условиях одинаковой оборотной подачи $S_{об} = 0,14$ мм/об, $n = 360$ об/мин. Обрабатываемый материал – сталь 34ХНМ, НВ 262...311. Длина сверления $L = 2830$ мм. Замеры величин износа и нароста проводились с помощью микроскопа с ценой деления лимба 0,01 мм в точках 1 – 8 условной режущей кромки по схеме, показанной на рис. 2.

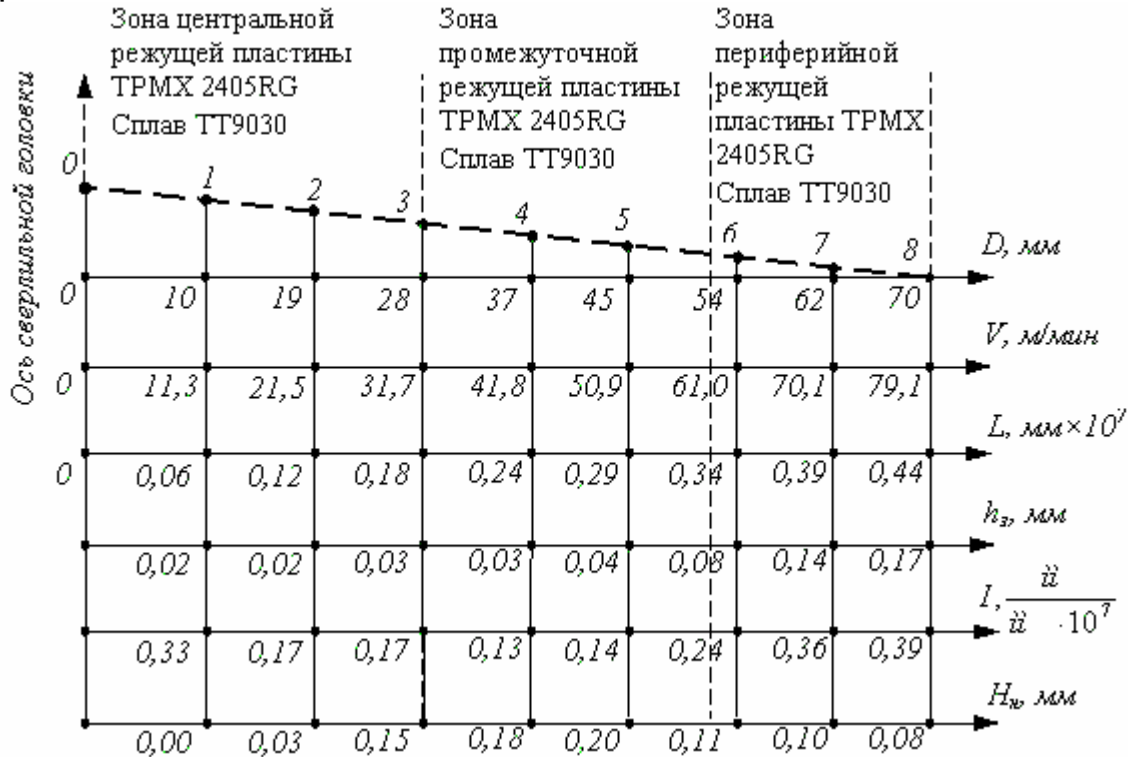


Рисунок 2 – Схема замера результатов испытаний:
 D – диаметр расположения i -й точки режущих пластин;
 V – скорость резания;
 L – путь, пройденный i -й точкой режущих пластин;
 h_3 – износ по задней грани;
 I – интенсивность износа;
 H_H – высота нароста

Замеры величин h_3 , I , H_H в точке 0 не проводили, учитывая нулевые скорости резания и иную схему резания в данной зоне, близкую к пластической деформации.

Обработка результатов эксперимента выполнялась в пакете Mathcad с использованием функций экспоненциальной и полиномиальной регрессий. Данные экспериментов, а также модели $h_3(v)$, $I(v)$, $H_H(v)$, полученные в результате регрессионного анализа, приведены на рис. 3. Полученные уравнения имеют вид:

$$h_3(v) = 0,0065 \cdot e^{0,042v} - 0,0013, \quad (1)$$

$$H_H(v) = 2 \cdot 10^{-3} - 9,6 \cdot 10^{-3} \cdot V + 8,8 \cdot 10^{-4} \cdot V^2 - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot V^3 + 9,7 \cdot 10^{-8} \cdot V^4, \quad (2)$$

$$I(v) = 0,168 + 0,031 \cdot V - 2,3 \cdot 10^{-3} \cdot V^2 + 5,4 \cdot 10^{-5} \cdot V^3 - 5,1 \cdot 10^{-7} \cdot V^4 + 1,7 \cdot 10^{-9} \cdot V^5 \quad (3)$$

Учитывая, что функции (2), (3) получены как полиномы n -й степени, их можно использовать исключительно в диапазоне скоростей 10...80 м/мин. Функция (1) монотонно возрастает и может быть использована с некоторой степенью приближения для прогнозирования величины износа и в интервалах больших скоростей. На рис. 4 представлены фотографии режущих пластин (а) и их кромок (б) в 10-кратном увеличении.

На режущих кромках (рис. 4, б) чётко видно увеличение высоты площадки износа слева направо на каждой из пластин в порядке от центральной пластины (минимальный износ) к периферийной (максимальный износ), что соответствует увеличению скорости от 10 до 80 м/мин. В то же время картина нароста имеет другой характер: нарост практически отсутствует на первой половине центральной режущей кромки, работающей в диапазоне скоростей 10...20 м/мин, затем начинает постепенно увеличиваться, достигая своего максимума на промежуточной режущей кромке (диапазон скорости – 40...60 м/мин). На режущей кромке периферийной пластины, работающей в диапазоне 60...80 м/мин наблюдаются уменьшение высоты нароста и максимальный износ по задней поверхности.

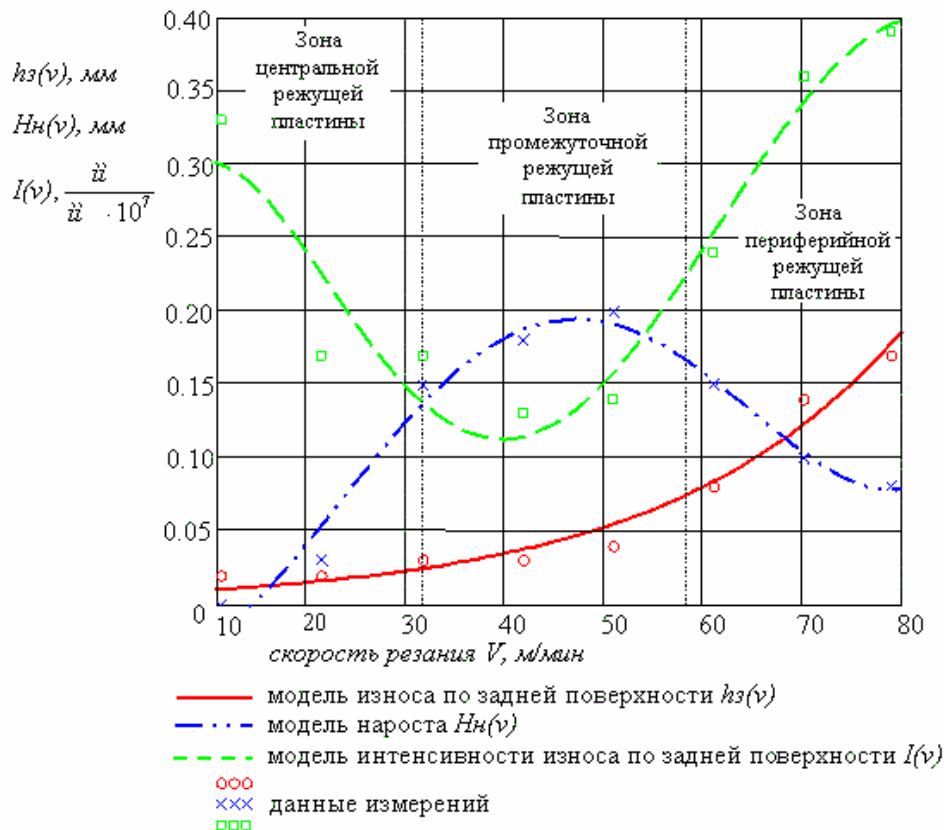


Рисунок 3 – Данные измерений и графики функций $h_z(v)$, $H_n(v)$, $I(v)$, полученные в результате регрессионного анализа

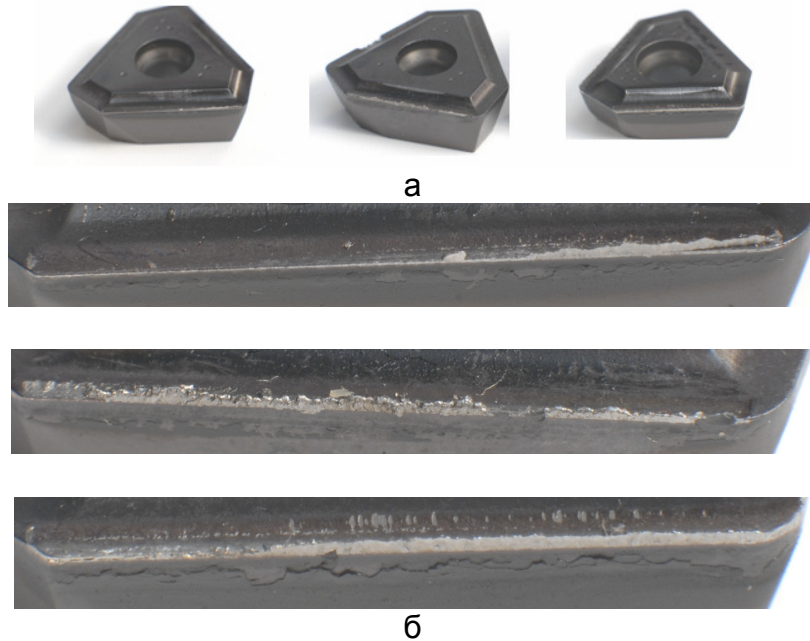


Рисунок 4 – Фотографии режущих пластин и их кромок: а – слева направо: центральная, промежуточная, периферийная режущие пластины; б – сверху вниз: кромки центральной, промежуточной, периферийной режущих пластин

Следует отметить, что чем дальше расположена i -я точка режущей пластины от оси, тем больший путь L_i она проходит за один оборот сверлильной головки. Изменение этого пути прямо пропорционально диаметру D_i , на котором расположена точка. Таким образом, кривая $h_3(v)$ характеризует зависимость износа по задней поверхности от скорости резания и пройденного пути. С целью выявления характера износа от скорости резания в данном случае правильнее оперировать понятием интенсивности износа I , а именно износа по задней поверхности режущих пластин, отнесённого к единице пройденного пути. Как видно из кривой $I(v)$, функция интенсивности износа носит экстремальный характер и достигает своего минимума в диапазоне скоростей 30...50 м/мин, в котором работает промежуточная режущая пластина. Как показали замеры величин нароста на кромках пластин, именно в этом диапазоне наблюдается максимальный нарост (рис. 3, кривая $Hh(v)$), что подтверждает сведения многих авторов, в частности [1, 2], о защитном действии нароста.

В то же время значение абсолютного износа по задней поверхности h_3 монотонно возрастает с увеличением диаметра в направлении от центральной режущей пластины к периферийной, что объясняется наложением функции износа по пройденному пути. Значительная степень влияния пройденного пути режущей кромки на износ по задней поверхности при глубоком сверлении в системе STS (BTA) объясняется превалированием абразивного и, частично, адгезионного видов износа. Основной причиной этого есть высокое давление (2...2,5 МПа) и интенсивная циркуляция СОЖ в зоне резания

(250...300 л/мин), что согласно [2] исключает возможность диффузии и химического окисления материала режущих пластин ввиду низких температур резания. По данным [2] значительно снижается и степень адгезии ввиду образования защитных плёнок на контактирующих поверхностях. Значительную роль в отсутствии диффузионного и химического износов пластин играет защитное покрытие TiAlN, а также относительно невысокие скорости резания.

Как следует из изложенного выше, практический интерес при разработке инструмента для глубокого сверления представляет именно кривая $h_z(v)$ (см. рис. 3). Учитывая данную зависимость нетрудно спрогнозировать, что с увеличением диаметра сверления и длины обрабатываемого отверстия увеличивается разница в величине износа кромок центральных и периферийных режущих пластин. На практике это приводит к недопустимой конусности отверстия. Кроме того, неравномерный износ вызывает перераспределение составляющих сил резания на пластинах, что негативно отражается на определённости базирования инструмента. Результирующая сила резания смещается относительно расчётного направления, что вызывает неравномерность износа направляющих головки, а также появление дисбаланса. При скоростном сверлении глубоких отверстий, когда частота вращения достигает 400...500 об/мин, указанные выше факторы приводят к ухудшению шероховатости поверхности, а в некоторых случаях к огранке спиралевидной формы.

Негативным фактором при формировании шероховатости обработанной поверхности есть и нарост на периферийной режущей пластине. Одним из путей устранения этого фактора при сохранении производительности является разработка специальной геометрии и подбор режущего сплава, отличных от используемых в центральной и промежуточной зонах резания. С целью минимизации и обеспечения равномерности износа всех режущих пластин головок глубокого сверления целесообразно комбинирование материалов и геометрий пластин с учётом диаметра их расположения, а следовательно, и скорости, с которой работает каждая режущая кромка. Учитывая зависимости, полученные в ходе исследования, и тот факт, что центральная режущая часть, работающая при минимальных скоростях резания, испытывает большие силовые нагрузки, очевидна необходимость использования прочных сплавов для центральной режущей части и более износостойких для периферийных пластин.

Список использованных источников

1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
2. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента / Т.Н. Лоладзе. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.