

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Аносов М.С., Ключкова Н.С., Лаптев И.Л., Кочин А.Н.

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева,
г. Нижний Новгород*

Ключевые слова: шероховатость, режимы резания, геометрия режущего инструмента, искусственные нейронные сети.

Аннотация. В статье рассмотрено влияние различных факторов на шероховатость обработанной поверхности при токарной обработке. Учесть все факторы, влияющие на шероховатость обработанной поверхности довольно сложно. Однако учет наиболее важных (режимов резания, геометрии режущего инструмента и т.д.) позволяет получить достаточно достоверные данные по прогнозируемой шероховатости поверхности.

Одним из наиболее перспективных инструментов для установления взаимосвязи большого количества различных параметров являются искусственные нейронные сети. На основе проведенного анализа в работе предложена архитектура нейронной сети для прогнозирования параметров шероховатости при токарной обработке.

APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR PREDICTION OF ROUGHNESS AT LATHE PROCESSING

Anosov M.S., Klochkova N.S., Laptev I.L., Kochin A.N.

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod

Keywords: roughness, cutting conditions, geometry of the cutting tool, artificial neural networks.

Abstract. The article considers the influence of various factors on the surface roughness during turning. It is quite difficult to take into account all the factors affecting the roughness of the treated surface. However, taking into account the most important (cutting conditions, geometry of the cutting tool, etc.) allows obtaining fairly reliable data on the predicted surface roughness. One of the most promising tools for establishing the relationship of a large number of different parameters are artificial neural networks. Based on the analysis carried out in the work, a neural network architecture is proposed for predicting roughness parameters during turning.

Введение. В машиностроении важным фактором, определяющим надежность промышленной продукции, является качество обработанных поверхностей элементов изделий, включающее в виде важнейшей составной части геометрические характеристики поверхности – шероховатость, волнистость, погрешности формы. Однако шероховатость обработанных поверхностей является не только характеристикой качества поверхности, но и отражением взаимосвязей между процессами, происходящими в системе резания. Так как в современном машиностроении резко возрастает роль поверхности в функциональном назначении детали, то шероховатость становится одним из наиболее важнейших параметров. На неё оказывают влияние многие технологические факторы. При обработке резанием величина, форма и направление микронеровностей зависят от характеристик обрабатываемого материала, методов, режимов и схем обработки.

Несмотря на то, что влияние различных факторов на шероховатость поверхности при токарной обработке достаточно широко изучено, в настоящее время ставится задача систематизации полученных знаний и их обобщение с целью составления цифровых моделей (цифровых двойников) для учета наиболее значимых факторов на параметр шероховатости.

На наш взгляд одним из наиболее перспективных инструментов для разработки такого рода цифровой модели являются нейронные сети, позволяющие выявлять закономерности влияния многих факторов на изучаемый процесс.

Теоретический обзор.

Рассмотрим влияние различных факторов на шероховатость поверхности при тчении наружной цилиндрической поверхности.

Влияние технологических режимов обработки важно учитывать на чистовых операциях, которые направлены на окончательное формирование параметров качества детали. Таким образом, рассмотрим, прежде всего, влияние технологических факторов на шероховатость при чистовом тчении.

1. Влияние скорости резания на шероховатость поверхности зависит от наростообразования на режущей кромке инструмента, а также от захвата и отрыва слоев, расположенных под режущей кромкой резца.

Из литературы [2] известен характер изменения шероховатости поверхности от скорости резания. Данная зависимость представлена на рис. 1 а.

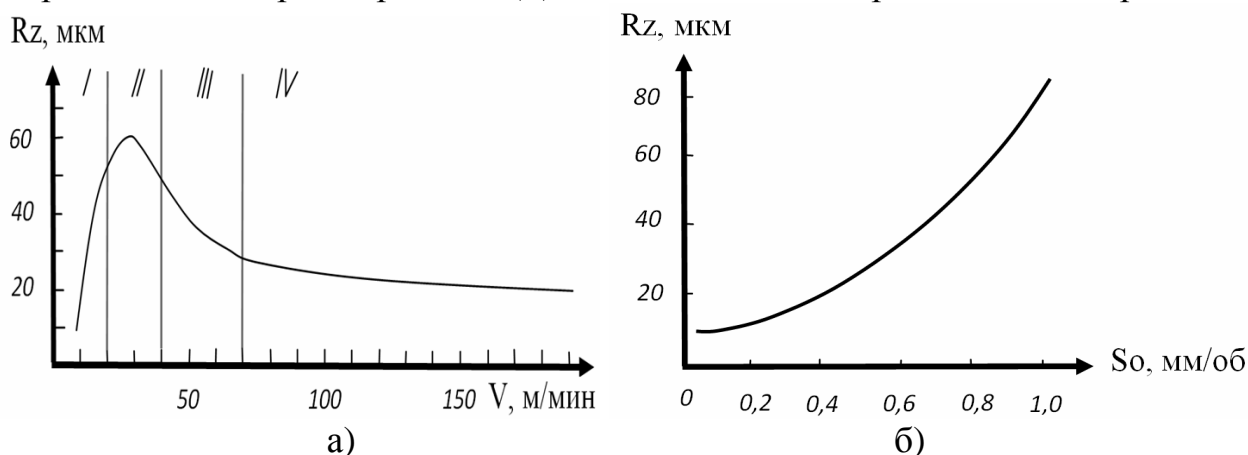


Рис. 1. Влияние режимов резания на шероховатость поверхности

Из приведенной зависимости видно, что при низких скоростях резания в зоне наростообразования происходит наиболее интенсивное изменение шероховатости, а именно ее рост с последующим снижением после скоростей резания порядка 20...30 м/мин.

Таким образом, при чистовом тчении, когда скорости резания выбирают их зоны IV (рис. 1а) влияние скорости резания на шероховатость не так значительно. Конкретные рекомендации по выбору оптимальной скорости резания, исходя из получения минимальных значений параметров шероховатости поверхности, в литературе отсутствуют.

2. Влияние подачи инструмента на шероховатость можно приближенно определить из сопоставления двух смежных положений резца, смещенных на величину подачи по формуле (1).

$$R_z = \frac{S^2}{8r}, \text{ мкм}, \quad (1)$$

где R_z – параметр шероховатости; S – величина подачи на оборот; r – радиус при вершине резца.

Фактически же установлено, что при определенной геометрии режущей части инструмента шероховатость изменяется в зависимости от подачи, как показано на рис. 1 б, т.е. монотонно возрастает с увеличением подачи и согласуется с формулой (1).

3. Влияние глубины резания на шероховатость поверхности, как показывают многочисленные исследования незначительно и не имеет практического значения при достаточной жесткости станка.

Кроме того, *на величину шероховатости влияет наличие колебаний*, которые часто возникают во время резания. Наличие колебаний и их величина зависят в свою очередь также от режимов резания.

4. Влияние на шероховатость поверхности оказывает геометрия режущего инструмента, особенно при больших подачах. В этом случае шероховатость определяют в зависимости от геометрических параметров режущей части инструмента: углов в плане, главного (φ) и вспомогательного (φ_1), радиуса закругления вершины резца (r) и подачи за оборот (S_o). При увеличении r шероховатость уменьшается, с увеличением углов φ и φ_1 шероховатость поверхности увеличивается.

Передний угол (γ), угол наклона режущей кромки (λ), задний угол (α) могут быть отнесены к второстепенным факторам, влияющим на формирование микропрофиля.

При малой глубине резания и большом радиусе при вершине резца расчётная высота неровности поверхности (R_p) образуется закруглённым участком режущей кромки, формула для расчета показана ранее.

При обработке резцом с малым радиусом при вершине расчётная величина шероховатости R_p образуется вершиной резца и рассчитывается:

$$R_p = \frac{S_o \cdot \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)}.$$

5. Влияние на шероховатость поверхности также оказывает и обрабатываемый материал [4].

Свойства и структура обрабатываемого материала оказывают влияние на шероховатость поверхности. Более вязкие и пластичные материалы (например, низкоуглеродистая сталь), склонные к пластическим деформациям, дают при их обработке резанием большую шероховатость.

При увеличении хрупкости материала величина шероховатости уменьшается. При резании хрупких материалов зависимость $R_z=f(v)$ не имеет «горба» и выражается горизонтальной линией. В целом же, с увеличением твердости обрабатываемого материала величина шероховатости снижается.

Выводы. Направление дальнейшего исследования.

Таким образом, учесть все факторы, влияющие на шероховатость обработанной поверхности довольно сложно. Однако учет наиболее важных

факторов позволяет получить достаточно достоверные данные по прогнозируемой шероховатости поверхности.

Как было показано, на шероховатость поверхности влияют следующие факторы:

- 1) параметры режима резания (V , S_o , (t – незначительно));
- 2) геометрия режущего инструмента (углы в плане φ , φ_1 , радиус закругления r);
- 3) колебания, возникающие в зоне резания (амплитуда колебаний РИ в направлении к оси детали A);
- 4) характеристики обрабатываемого материала (прежде всего твердость НВ);
- 5) Износ режущего инструмента (I).

Казалось бы, задача определения шероховатости на этапе технологической подготовки производства это слишком сложная задача, однако благодаря современным технологиям эту задачу можно решать в разы быстрее. Одним из наиболее перспективных инструментов для установления взаимосвязи большого количества различных параметров являются искусственные нейронные сети.

На наш взгляд, с помощью предварительно обученной нейронной сети можно предсказать шероховатость поверхности.

Входными параметрами будут скорость резания, геометрия режущего инструмента и все те факторы, которые были выделены ранее. Менее значимые параметры могут не учитываться в случае достижения удовлетворительной точности работы нейронной сети.

Выходным параметром является шероховатость (R_z). Для обучения сети необходимо сформировать массив входных векторов x_i (x_1 – подача при резании; x_2 – скорость резания и т.д.). Набор входных параметров и соответствующей ему выходной параметр является вектором-эталоном для обучения искусственной нейронной сети.

Возможная архитектура нейронной сети показана на рис. 2.

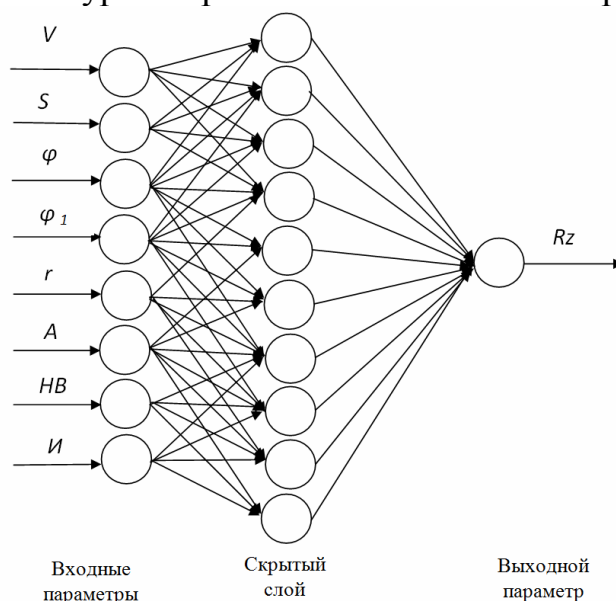


Рис. 2. Архитектура сети для определения шероховатости

Процесс обучения первоначально можно вести на основе данных аналитических зависимостей, а уточнять в ходе экспериментальных исследований.

В процессе обучения величина ошибка должна уменьшаться и в результате мы сможем предсказать величину шероховатости и весьма высоким процентом точности. Кроме того, данная нейронная сеть может обучаться в процессе получения новых данных при обработке. Благодаря такой технологии, возможно значительно снизить время на технологическую подготовку производства, благодаря возможности прогнозирования параметров качества изделия исходя из заданных технологических параметров. Это в свою очередь должно вызвать снижение количества бракованных изделий и уменьшить время на освоение изделия в производстве.

Таким образом, мы видим высокую перспективность применения нейронных сетей при моделировании процесса обработки материалов резанием на примере токарной обработки для определения параметра шероховатости.

Уточнение архитектуры нейронной сети, ее обучение на основе данных экспериментов выбрано как направление дальнейшего исследования в данной области.

Список литературы

1. Кабалдин Ю.Г. Искусственный интеллект, интернет вещей, облачные технологии и цифровые двойники в современном механообрабатывающем производстве: монография / Ю. Г. Кабалдин и др.; под ред. Ю.Г. Кабалдина; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2019. – 196с.
2. Ивашенко А.П. Автоматизированное определение и коррекция скорости резания при токарной обработке деталей на станках с ЧПУ // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15419>
3. Студопедия. Качество обработанной поверхности. URL: https://studopedia.su/10_138477_kachestvo-obrabotannoy-poverhnosti.html
4. Технология машиностроения: Кн. 1. Основы технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др. Под ред. С.Л. Мурашкина. – М.: Высшая школа., 2003. – 278с.

Сведения об авторах:

Аносов Максим Сергеевич – к.т.н., доцент НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород;

Клочкова Наталья Сергеевна – студент НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород;

Лаптев Игорь Леонидович – к.т.н., доцент НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород;

Кочин Анатолий Николаевич – к.т.н., доцент НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород.