

Секция проблем нанотехнологий

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУР НА ТВЁРДОМ СПЛАВЕ ВОЛКАР ПРИ ДЕЙСТВИИ НА НЕГО ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА И РАЗНЫХ СПОСОБАХ ЗАДАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Костюк Г. И., Мелкозерова О. М., Воляк Е. А.

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Получение наноструктур (НС) очень перспективно, так как НС обеспечивают высокую твёрдость поверхности, а значит и достаточную износостойкость режущего инструмента из твёрдого сплава. Всё это говорит об актуальности проводимых исследований.

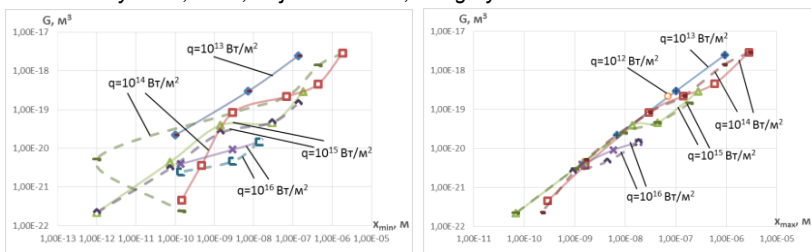
Не смотря на то, что по теоретическому и экспериментальному исследованию НС довольно много работ, обзоры которых представлены в монографии [1], но исследований по получению НС даже обычным лазером существует очень малое количество, а использование фемтосекундного лазера для получения НС вообще не рассматривается.

Рассматривались такие технологические параметры: плотность теплового потока 10^{12} – 10^{16} Вт/м² и времена его действия 10^{-16} – 10^{-10} с.

Проводилось сравнение результатов расчёта объёма зерна при действии фемтолазера в случае описания физико-механических характеристик квантово-механическим методом, а также использовались экспериментальные значения. Результаты такого сравнения представлены на рис. 1 (радиус пятна лазера $R = 10^{-6}$ м) и рис. 2 ($R = 5 \cdot 10^{-7}$ м). Сравнение показывает, что при $R = 10^{-6}$ м для широкого круга технологических параметров (плотность теплового потока и время его действия) реализуется совпадение значений максимальной глубины нахождения зерна, тогда как минимальное значение этой величины отличается существенно и размер НС колеблется в пределах $2 \cdot 10^{-22}$ м до $4 \cdot 10^{-18}$ м.

При размере пятна $R = 5 \cdot 10^{-7}$ м глубины залегания изменились незначительно, но объём, занятый НС, увеличился от $8 \cdot 10^{-23}$ м до $10 \cdot 10^{-19}$ м. Нижнее значение увеличилось в несколько раз, тогда как максимальное значение примерно в столько же раз снизилось, то есть зона, где реализуются НС, имеет большие размеры.

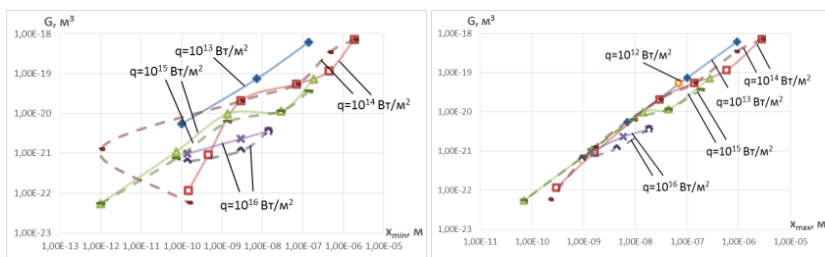
Для экспресс-анализа необходимы пространственные картины зависимости размера нанозерна от плотности теплового потока и времени его действия.



a

б

Рис. 1. Зависимость объёма нанокластера $R = 10^{-6}$ м от минимальной (а) и максимальной (б) глубины при действии лазерного излучения с различной плотностью теплового потока (ВолКар) (————— – обычные свойства, - - - - - новые свойства)



a

б

Рис. 2. Зависимость объёма нанокластера $R = 5 \cdot 10^{-7}$ м от минимальной (а) и максимальной (б) глубины при действии лазерного излучения с различной плотностью теплового потока (ВолКар) (————— – обычные свойства, - - - - - новые свойства)

Так, в случае использования справочных данных по теплофизическим и термомеханическим характеристикам мы имеем такие картины на рис. 3–4 ($R = 10^{-6}$ м и $R = 5 \cdot 10^{-7}$ м, соответственно).

Исследование этих зависимостей показывает, что зона образования НС относительно не велика.

Аналогичные исследования были проведены также и при задании теплофизических и термомеханических характеристик, полученных расчётом квантово-механическим методом. Так, зависимости объёма НС от плотности теплового потока и времени его действия представлены на рис. 5–6 ($R = 10^{-6}$ м и $R = 5 \cdot 10^{-7}$ м, соответственно).

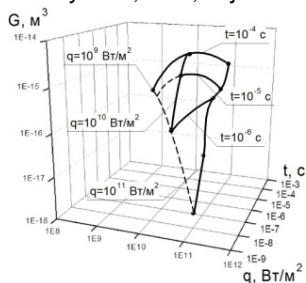


Рис. 3. Зависимость объёма нанокластера от плотности теплового потока лазерного излучения и времени его действия в зоне, где образуются наноструктуры ($R = 10^{-6}$ м, ВолКар)

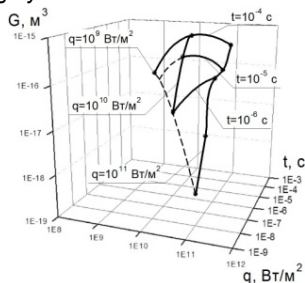


Рис. 4. Зависимость объёма нанокластера от плотности теплового потока лазерного излучения и времени его действия в зоне, где образуются наноструктуры ($R = 5 \cdot 10^{-7}$ м, ВолКар)

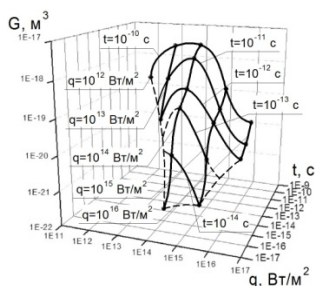


Рис. 5. Зависимость объёма нанокластера от плотности теплового потока лазерного излучения и времени его действия в зоне, где образуются наноструктуры ($R = 10^{-6}$ м, ВолКар, новые свойства)

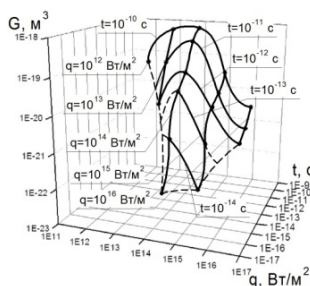


Рис. 6. Зависимость объёма нанокластера от плотности теплового потока лазерного излучения и времени его действия в зоне, где образуются наноструктуры ($R = 5 \cdot 10^{-7}$ м, ВолКар, новые свойства)

Сравнивая рис. 3, 4 и рис. 5, 6, мы видим, что зона технологических параметров, где реализуются НС, в случае квантово-механического подхода стала намного больше, что говорит о том, что прежде, чем использовать тот или иной метод расчёта, необходимо провести экспериментальное тестирование и определить, в каком диапазоне технологических параметров будет справедливо описание теплофизических и термомеханических характеристик с использованием экспериментальных значений и квантово-механического метода их расчёта.

Литература

1. Костюк Г. И. Эффективный режущий инструмент с нанопокровтиями и наноструктурными модифицированными слоями : монография-справочник : в 2 кн. / Г. И. Костюк. – Харьков : Планета-принт, 2017. – Кн. 2: Лазерные технологии. – 507 с.

EFFICIENCY AND RESOURCE OF CUTTING TOOLS FROM SOLID ALLOYS WHEN PURIFIED STEEL 100Cr6 (3505)

Nechyporuk M. V., Kostyuk G. I.

National aerospace university «Kharkov aviation institute»

The system for measuring the resistance of a cutting tool (CT) in real time has been used, which makes it possible to find the amount of material to be removed during the durability period and processing capacity steel 100Cr6 (3505). Given this information, it is possible to find modes with maximum stability, maximum removable volume and maximum processing performance.

This system was tested under severe processing conditions of hardened steel 100Cr6 (3505) when machining them with plates of hard alloys K40, Sandvik Koromant and MC221 with 0.2HfN + 0.8ZrN coating and without it.

Coating grain size influence on the material removable volume for the resistance period, the cutting tool durability and the hardened steel 100Cr6 (3505) machining productivity. In order to evaluate the grain size influence on the efficiency of the 100Cr6 (3505) hardened steel machining were conducted the investigations of the grain size in the 0.18 HfN + 0.82 ZrN coating on the P20, K40 (USSR), K40 (Russia), MC221 (TT10K6B) hard alloys and VOK 60 ultrahard material.

Investigating the composition of the surface layer of the coating and CT, the percentage composition of this layer was obtained, photographs of the plate and micrographs of the surface layer with grain sizes. It is seen that the grain size for P20 is in the range of 75.1...106 nm for plates processed in the plasma flow center, and in the range of 113...266 nm for the plate on the flow periphery at the 250 eV ion energy. In this case, we observed 32.04 % Zr and 24.95 % Hf in the surface layer. It can be seen that Hf to Zr ratio greatly exceeds the cathode elements ratio what, obviously, due to the zirconium evaporation nature from the plate surface layer, which is larger than hafnium evaporation. As a result, a surface layer is zirconium-depleted, as evidenced by the surface layer percentage composition [1, 2].