



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-4-137-138>

Поступила 15.11.2022

Received 15.11.2022

О МЕТОДЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ЗВУКОВОГО УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

В. Ю. СТЕЦЕНКО, г. Могилев, Беларусь. E-mail: stetsenko.52@bk.ru

ABOUT THE METHOD OF AERODYNAMIC SOUND HARDENING OF CERAMIC HARD ALLOYS

V. Yu. STETSENKO, Mogilev, Belarus. E-mail: stetsenko.52@bk.ru

Акустическое упрочнение сплавов является динамическим воздействием звуковой волны, повышающим плотность дислокаций. Известен метод ультразвукового упрочнения металлокерамических твердых сплавов (МТС), которое происходит за счет наклепа от воздействия ультразвука [1]. Наклеп, как известно, повышает плотность дислокаций в сплавах. При этом происходит искажение их кристаллических решеток, препятствующих перемещению дислокаций.

В последнее время появился новый акустический метод воздействия на свойства МТС, называемый «аэродинамическим звуковым упрочнением» (АДУ), который повышает ресурс работы режущего инструмента из МТС в условиях ударных нагрузок (прерывистого резания) [2, 3]. Метод АДУ осуществляется следующим образом: образцы из МТС нагревают до 0,3 от температуры спекания сплава и обрабатывают в специальной камере звуковой волной (звуком) частотой 140–170 Гц [3]. При этом, согласно расчетной формуле, лежащей в основе математической модели метода АДУ, на атом МТС при звуковых частотах 148, 159 Гц выделяется тепловая энергия $(2,5–11,1) \cdot 10^{-18}$ Дж [3]. При частоте 159 Гц для атома кобальта эта энергия составляет $5,3 \cdot 10^{-18}$ Дж, а для атома вольфрама – $11,1 \cdot 10^{-18}$ Дж [3]. Умножив эти значения удельных энергий на число Авогадро, равное $6,022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹, получим, что метод АДУ позволяет генерировать молярную тепловую энергию в образцах МТС в диапазоне 1500–6660 кДж/моль. Для кобальта и вольфрама эта энергия составляет 3180 и 6660 кДж/моль соответственно.

Молярные теплоты плавления кобальта и вольфрама составляют 16,3 и 35,3 кДж/моль соответственно [4]. Молярные теплоты сублимации (испарения) кобальта и вольфрама равны 429 и 853 кДж/моль соответственно [4]. Сравнивая эти значения с полученными методом АДУ, делаем вывод, что этот метод должен не упрочнять, а испарять МТС, причем с очень высокой интенсивностью. Но реально такое не происходит. Поэтому расчетная формула, лежащая в основе математической модели метода АДУ, ошибочна. Для ее вывода использовали следующее уравнение [3]:

$$\omega_{\max} = 2 \sqrt{\frac{F_0}{a_1^2 m}}, \quad (1)$$

где ω_{\max} – «максимальная частота волны, распространяющейся по цепочке атомов, способная привести к смещению атома»; F_0 – сила, необходимая для смещения атома на межатомное расстояние a_1 ; m – масса атома. Эти величины имеют следующие размерности: $[\omega_{\max}] = \text{с}^{-1}$; $[F_0] = \text{Н} = \text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$; $[a_1] = \text{м}$; $[m] = \text{кг}$. Подставляя эти размерности в формулу, получаем:

$$\text{м}^{-\frac{1}{2}} = \frac{1}{2}. \quad (2)$$

Формула (2) абсурдна, поэтому уравнение (1) ошибочное. Это теоретически доказывает, что математическая модель метода АДУ ошибочна.

Метод АДУ должен оказывать динамическое воздействие на МТС и повышать в зернах кобальтовой связки плотность дислокаций. Но реально происходит обратное. Метод АДУ снижает плотность

дислокаций зерен кобальтовой связки МТС на 15,8–20,7% [3]. Известно, что снижение плотности дислокаций связано не с упрочнением сплава, а с его разупрочнением [5]. При этом повышается вязкость сплава, в частности, его ударная вязкость. Это и происходит в методе АДУ: ударная вязкость образцов МТС (ВК8; Т15К6; Т5К10) повышается на 20–24%. Поэтому метод АДУ не соответствует своему названию. Правильно его назвать «метод аэродинамического разупрочнения».

Но почему в методе АДУ происходит снижение плотности дислокаций, если происходит динамическое воздействие звуковой волной на МТС? Этого быть не может, потому что звук частотой 140–170 Гц обладает очень малой мощностью, недостаточной, чтобы осуществить пластическую деформацию сплава. Ультразвук такой способностью обладает, так как имеет по сравнению с обычным звуком на порядок большую частоту, а значит, и мощность звуковой волны [1].

Снижение плотности дислокации в зернах кобальтовой связки МТС происходит в результате нагрева образцов до температуры 0,3 от температуры их спекания. Реально процесс происходит при 320 °С [3]. Этого достаточно для снижения плотности дислокаций в зернах кобальта. Известно, что нагрев сплава с повышенной плотностью дислокаций (деформированных образцов) до 0,3 температуры плавления приводит к снижению плотности дислокаций и повышению пластичности и вязкости сплава [5]. Поэтому метод АДУ не оказывает воздействие на свойства МТС, а это результат термической обработки (возврата). При этом заметных изменений микроструктуры не наблюдается, что характерно для возврата.

Повышение ресурса работы режущего инструмента из МТС, обработанного методом АДУ, в условиях ударных нагрузок (прерывистого резания) происходит за счет снижения хрупкости МТС. Но это осуществляется благодаря увеличению ударной вязкости инструмента, вызванного не звуком, а термической обработкой (возвратом).

Таким образом, метод аэродинамического звукового упрочнения металлокерамических твердых сплавов, по сути, является термической обработкой (возвратом), широко применяемой в промышленности для снижения хрупкости заготовок из литых и спеченных сплавов, но без обработки звуком, который не влияет на их свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоцкий А. В., В. Н. Виниченко, И. М. Муха. Ультразвуковое упрочнение материалов. Киев: Техника, 1980. 168 с.
2. Жигалов А. Н., В. К. Шелег. Теоретические основы аэродинамического звукового упрочнения твердосплавного инструмента для процессов прерывистого резания: монография. Могилев: МГУП, 2019. 213 с.
3. Жигалов А. Н. Теоретические и технологические основы аэродинамического звукового упрочнения твердосплавного инструмента для процессов прерывистого резания: дис. ... д-ра техн. наук. Минск, 2021. 378 с.
4. Свойства элементов. Ч. 1. Физические свойства: справ. / Под ред. Г. В. Самсонова. М.: Металлургия, 1976. 660 с.
5. Лахтин Ю. М., В. П. Леонтьева. Материаловедение: учеб. для вузов. М.: Машиностроение, 1990. 528 с.

REFERENCES

1. Belockij A. V., V. N. Vinichenko, I. M. Muha. *Ul'trazvukovoe uprochnenie materialov* [Ultrasonic Hardening of Materials]. Kiev, Tehnika Publ., 1980, 168 p.
2. Zhigalov A. N., Sheleg V. K. *Teoreticheskie osnovy ajerodinamicheskogo zvukovogo uprochnenija tverdosplavnogo instrumenta dlja processov preryvistogo rezanija* [Theoretical foundations of aerodynamic sound hardening of carbide tools for interrupted cutting processes]. Mogilev, MGUP Publ., 2019, 213 p.
3. Zhigalov A. N. *Teoreticheskie i tehnologicheskie osnovy ajerodinamicheskogo zvukovogo uprochnenija tverdosplavnogo instrumenta dlja processov preryvistogo rezanija* [Theoretical and technological foundations of aerodynamic sound hardening of hard-alloy tools for interrupted cutting processes]. Minsk, 2021, 378 p.
4. Samsonova G. V. *Svoystva jelementov. Fizicheskie svoystva* [Element properties. physical properties]. Moscow, Metallurgija Publ., 1976, 660 p.
5. Lahtin Ju. M., V. P. Leont'eva. *Materialovedenie* [Materials Science]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990, 528 p.