

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

А. Н. АВАКЯН, Г. А. ИОСИФЯН, В. С. БАГДАСАРЯН

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ  
НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ

Синтетические алмазы ввиду особых условий получения существенно отличаются от природных по своим прочностным и термическим характеристикам, что связано с наличием в синтетических кристаллах большого числа дефектов и примесей. Изыскание методов упрочнения синтетических алмазов с целью последующего увеличения работоспособности инструмента, изготовленного из него, представляет значительный интерес.

Известно, что синтетические алмазы обладают определенными магнитными свойствами [1], обусловленными наличием в них парамагнитного азота и никеля. Примесные атомы никеля входят в кристаллическую решетку алмаза отдельными центрами и создают локальные макроскопические образования собственной структуры, небольшие агрегации атомов — кластеры, способные сохранять свою индивидуальность. Наличие магнитных свойств у синтетических алмазов, обусловленных существованием ферромагнитных кластеров, обладающих выраженными магнитострикционными свойствами, позволяет воздействовать внешним переменным магнитным полем на энергетические состояния решеточных несовершенств (дислокации, вакансии, примеси), которые играют решающую роль в прочностных характеристиках кристалла.

Отметим также снижение плотности объемных дислокаций в поле ультразвуковых колебаний [2], возбуждение которых в рассматриваемом случае в объеме кристалла обусловлено ферромагнитными магнитострикционными кластерами.

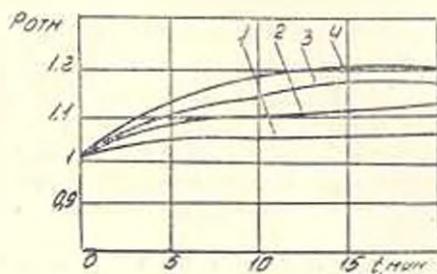
Нами изучались кристаллы, которые синтезировались обычным способом для нужд промышленности без специальных легирующих добавок. Кристаллы синтетических алмазов различных фракций подвергались воздействию переменного аксиально-симметричного магнитного поля. В качестве источника переменного магнитного поля применялся соленоид, который подключался к генератору переменного тока с регулируемой мощностью. Синтетические алмазы помещались в бумажную гильзу, которая опускалась в соленоид. Через определенный про-

межутки времени кристаллы алмаза извлекались и проверялись на прочность одноосным сжатием до полного разрушения. Магнитная восприимчивость  $\chi$  синтетических алмазов измерялась методом Гюи [1], основанным на измерении подъемной силы, действующей на порошокобразный образец, и рассчитывалась по формуле

$$\chi = \frac{2l\Delta p}{\mu_0 p (H^2 - H_1^2)}, \quad (1)$$

где  $l$  — длина образца;  $\Delta p$  — кажущийся прирост веса;  $\mu_0$  — магнитная проницаемость вакуума;  $p$  — вес образца;  $H, H_1$  — напряженности сильного и слабого однородных полей.

Рис. 1. Зависимость прочности алмазов размером 0,5 мк от времени пребывания в переменном аксиально-симметричном магнитном поле. 1, 2, 3, 4 — при мощности генератора переменной частоты 3 кВт, 5 кВт, 6 кВт и 8 кВт.



На рис. 1 показана временная зависимость изменения прочности кристаллов синтетических алмазов с близкими значениями  $\chi$ . Насыщение наступает после определенного времени пребывания кристалла алмаза в соленоиде с переменным магнитным полем и существенно зависит от подаваемой мощности задающего генератора. Для четырех значений мощности на рис. 1 видно, что при ее увеличении сокращается время, необходимое для получения максимального эффекта упрочнения.

Аналогичные опыты с кристаллами, обладающими различными значениями  $\chi$ , выявляют закономерность увеличения прочности с максимумом при значениях  $\chi = (12-20) \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{кг}$  (рис. 2).

При изучении влияния частоты на упрочнение кристаллов обнаружено насыщение величины упрочнения при частотах (23—25) кГц и фиксированных значениях времени и мощности. При увеличении подаваемой мощности кривая на рис. 3 параллельно смещается вверх и практически не меняется при изменении мощности от 6 до 8 кВт.

Следует отметить, что не все кластеры участвуют в генерации ультразвуковых колебаний. Как показано в [3], для ферромагнитных частиц кластерного типа существует условие критического размера

$$R < R_c \approx \frac{0,95}{l} \left( \frac{10cB}{\alpha_0 Q_R} \right)^{1/2}, \quad (2)$$

при выполнении которого частица остается однородно намагниченной при всех значениях перемагничивающего поля. Здесь  $l_s$  — намаг-

иченность насыщения;  $a_0$  — параметр решетки;  $c = 0,5, 1, 2$  — для ПК, ОЦК и ГЦК решеток, соответственно;  $B$  — параметр объемной энергии;  $Q_R$  — размагничивающий фактор.

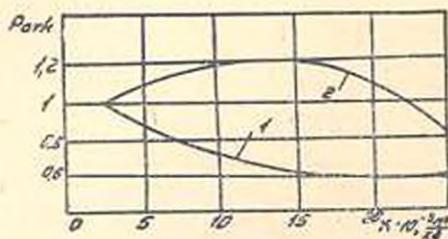


Рис. 2. Зависимость упрочнения от  $\chi$ . 1 — алмазы, подвергнутые магнитной обработке, 2 — алмазы при исходном состоянии.

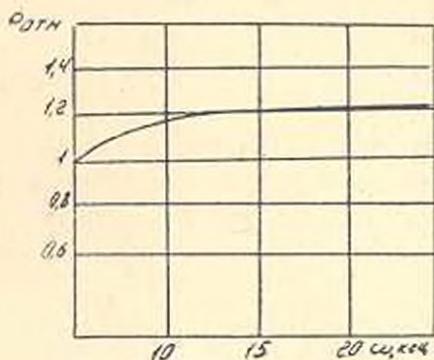


Рис. 3. Зависимость разрушающей нагрузки от частоты магнитного поля.

Подставляя соответствующие значения для кластеров, получаем, что значение радиуса сферы при короткой оси эллипсоида должно удовлетворять неравенству  $R_c \leq 3 \cdot 10^{-2}$  мкм. Существование большого числа кластеров с  $R_c > 3 \cdot 10^{-2}$  мкм должно положительно влиять на проявление упрочнения для кристаллов синтетического алмаза, обработанного аксиально-симметричным магнитным полем. Однако наличие кластеров снижает прочностные характеристики синтетических алмазов, которые существенно уступают природным. Рассмотрим кристалл синтетического алмаза с кластерами в приближении композита и по известным выводам теории упругости проанализируем деформационные характеристики с энергетических позиций. Энергия упругого деформирования гетерогенного и гомогенного тел определяется, соответственно:

$$U = \frac{1}{2} \int_V \sigma_{ij} \epsilon_{ij} dV \quad (3)$$

и

$$U_0 = \frac{1}{2} \int_V \sigma_{ij}^0 \epsilon_{ij}^0 dV, \quad (4)$$

где  $\sigma_{ij}$  и  $\epsilon_{ij}$  — тензоры напряжения и деформации. Разделяя переменные по области включения и вне ее:

$$\hat{\sigma}_{ij} = \sigma_{ij}^0 + \sigma_{ij}^1; \quad \hat{\epsilon}_{ij} = \epsilon_{ij}^0 + \epsilon_{ij}^1; \quad \hat{U}_i = U_i^0 + U_i^1,$$

для энергии взаимодействия двух напряженных состояний получим:

$$U_{\text{int}} = \frac{1}{2} \int_V (\sigma_{ij}^0 \epsilon_{ij}^1 + \sigma_{ij}^1 \epsilon_{ij}^0) dV, \quad (5)$$

а используя соотношение напряжение-деформация  $\varepsilon_{ij}^1 \varepsilon_{ij}^0 = c_{ijkl} \varepsilon_{kl}^1 \varepsilon_{kl}^0$  (закон Гука), получим:  $\varepsilon_{ij}^1 \varepsilon_{ij}^0 = \varepsilon_{ij}^0 \varepsilon_{ij}^1$ .

После несложных преобразований и применения теоремы Остроградского-Гаусса в сочетании с условием равновесия на поверхности включения:

$$\frac{\partial \sigma_{ij}^0}{\partial x_j} = 0; \quad \frac{\partial \sigma_{ij}^1}{\partial x_j} = 0,$$

получим:

$$U_{int} = \int (\sigma_i^0 U_i^1 - \sigma_i^1 U_i^0) dS. \quad (6)$$

Учитывая (3), (4) и (6), получаем выражение для энергии деформации тела с находящимися в нем кластерами с поверхностью  $S$ :

$$U = U_0 + \frac{1}{2} \int (\sigma_i^2 U_i^1 - \sigma_i^1 U_i^0) dS. \quad (7)$$

Из выражения (7) видно, что минимальное значение  $U$  достигается минимум подынтегрального выражения, которое тем меньше, чем ближе по своим механическим свойствам алмазная матрица и включение.

В частном случае, алмазной матрице с кластером соответствует достаточно большое значение подынтегрального выражения, чем, вероятно, и объясняются низкие прочностные показатели синтетических алмазов в сравнении с природным.

ПО «Алмаз»

19. X. 1983

Ա. Ն. ԱՎԱԳՅԱՆ, Գ. Ա. ԽՈՐԷՅԱՆ, Վ. Ա. ԲԱԳՅԱՆԱՅԱՆ

ՓՈՓՈԹՆԱԿԱՆ ԿՐԿՆԻՍՍԱԿԱՆ ԿԱՇՏԻ ԱԶԳԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԻՆԹԵՆՏԻՎ ԱԿՄԱՍՏՆԵՐԻ ԿՐԵՆԱՆԻՎԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ուսումնասիրված է փոփոխական առանցքային համաչափ մտզնիսական դաշտի ազդեցությունը միարյուրեղ արհեստական արմատի ամրության բնութագրերի վրա:

Ստացված է ամրացման կապը ժամանակից և հաճախականությունից, որը բացատրվում է արմատի բյուրեղներում եղած ֆերոմագնիսական նիկելային կուտակումներով: Փորձնական եղանակով ստացված է մտզնիսական ներթափանցման աղժերը, որի դեպքում ստացվում է առավելագույն ամրացում:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Богатырева Г. П., Невструев Г. Ф., Сохина Л. А. Магнитная восприимчивость синтетических алмазов.— Синтетические алмазы, 1973, вып. 1, с. 20—22.
2. Гундия Н. А. и др. Снижение плотности дислокаций в кристаллах под действием ультразвуковых колебаний.— ФТТ, 11, 1972, с. 21—23.
3. Петров Ю. И. Физика малых частиц.— М.: Наука.— 273 с.