

Э. А. МИХАЙЛЮК

НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ МЕТЧИКАМИ В ТИТАНОВЫХ СПЛАВАХ С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ*.

Нарезание резьбы метчиками в титановых сплавах представляет собой сложную задачу вследствие усиленного износа и заклинивания зубьев метчика во впадинах резьбы, что вызывает выкрашивание и поломки.

Работоспособность метчиков определяется, в основном, двумя параметрами: толщиной слоя, срезаемого каждым режущим зубом и суммарным крутящим моментом. Суммарный крутящий момент составляется из момента резания, создаваемого тангенциальной составляющей силы резания, момента трения и момента защемления.

$$M_{\text{сумм.}} = M_{\text{рез.}} + M_{\text{тр.}} + M_{\text{защ.}}$$

В некоторых случаях моменты трения и защемления могут превышать момент резания. Поэтому необходимо стремиться уменьшить эти составляющие суммарного крутящего момента.

Проведенные исследования по точению труднообрабатываемых материалов с наложением ультразвуковых колебаний показывают, что последние приводят к значительному уменьшению пластической деформации срезаемого слоя, облегчению процесса резания, особенно при малых толщинах среза, уменьшают силы трения, препятствуют образованию нароста

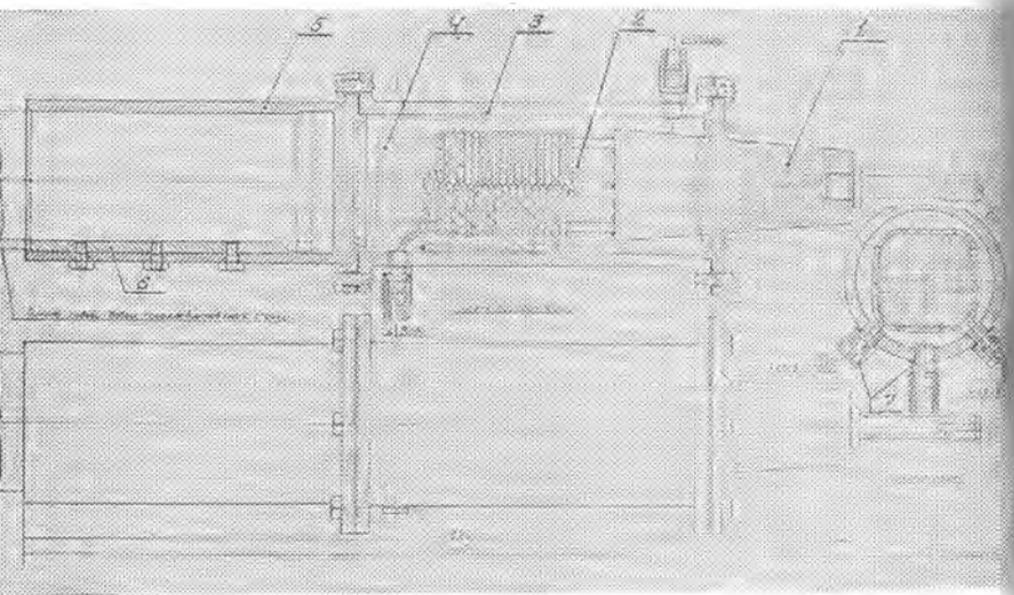
* Исследования проводились под руководством профессора, д. т. н. Н. И. Резникова. В работе принимал участие мастер Г. А. Бутов.

и улучшают доступ смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания. Все это приводит к увеличению стойкости инструмента [1].

Сказанное дает возможность предположить, что наложение ультразвуковых колебаний на метчик при нарезании резьбы должно привести к положительному эффекту в смысле уменьшения суммарного крутящего момента, а следовательно его работоспособности.

В настоящей статье излагаются некоторые результаты исследования эффективности применения ультразвуковых колебаний метчиков при нарезании резьбы в термообработанном титановом сплаве ВТ-14.

Для проведения экспериментальной работы была изготовлена специальная ультразвуковая головка для парезания резьбы на токарном станке (фиг. 1).



Фиг. 1

Основными элементами двухполуволновой колебательной системы головки являются: трансформатор упругих колебаний 1, двухстержневой преобразователь-двигатель — 2, корпус головки — 3, губчатая резина — 4, гильза — 5, направляющая шпонка — 6, арматура — 7.

Инструмент закрепляется в трансформаторе упругих колебаний 1, через фланец которого усилия резания передаются корпусу головки, выполняющей роль рубашки для охлаждения двухстержневого магнитострикционного преобразователя 2.

Трансформатор упругих колебаний, через который ультразвуковые колебания от магнитострикционного преобразователя передаются инструменту, крепится к корпусу головки в узле смещений (амплитуда в узле смещений равна нулю) с целью предотвращения передачи колебаний в корпус головки. Для того, чтобы избежать работы на режиме двухстороннего излучения, свободная часть магнитострикционного преобразователя закрыта губчатой резиной 4. Корпус головки соединяется с гильзой 5, надеваемой на пиноль задней бабки станка. Крутящий момент воспринимается пинолью задней бабки от гильзы через направляющую шпонку 6. Гильза позволяет метчику самоустанавливаться по отверстию и затягиваться в процессе нарезания резьбы. Для врезания метчика пиноль вместе с ультразвуковой головкой перемещается в продольном направлении с помощью маховичка задней бабки. Подвод высокочастотного напряжения от ультразвукового генератора к магнитострикционному преобразователю и воды для охлаждения его осуществляется с помощью арматуры 7.

Преобразователь-двигатель рассчитан по известной методике на резонансную рабочую частоту 20,5 кГц [2]. Сечение преобразователя 50×50 мм² без учета фасок, снятых с целью уменьшения габаритов головки и потерь на колебания охлаждающей среды. Преобразователь набран из пластин пермендюра К50Ф2, термообработанных по специальной технологии. Сплав К50Ф2 обладает максимальным магнитострикционным эффектом из всех аналогичных материалов и высокой допустимой удельной мощностью при достаточной механической прочности.

Учитывая специфические условия нагружения инструмента в процессе нарезания резьбы, коэффициент усиления системы «преобразователь-инструмент» выбран равным 2. Чтобы обеспечить условие равенства собственной частоты системы «преобразователь-метчик» и рабочей частоты, то-есть, согласовать систему, необходимо укоротить рассчитанный по известной методике [3] трансформатор упругих колебаний на величину

$$\Delta l = \frac{S \cdot \rho}{S_1 \cdot \rho_1} h,$$

где S — площадь поперечного сечения метчика;

S_1 — площадь узкого конца трансформатора упругих колебаний;

ρ — плотность материала метчика;

ρ_1 — плотность материала трансформатора упругих колебаний;

h — длина метчика до хвостовика.

В качестве источника электрических высокочастотных колебаний использовался серийный ультразвуковой генератор УЗГ-10М, выходной трансформатор которого согласован с ультразвуковой головкой с целью получения достаточной амплитуды колебаний и высокого коэффициента полезного действия генератора.

Измерение частоты электрических колебаний производилось электронным конденсаторным частотомером ЧЭ-7, обладающим высокой точностью в широком диапазоне частот.

Измерение выходной электрической мощности и напряжения производилось высокочастотным полупроводниковым ваттметром ВУЧ-2*.

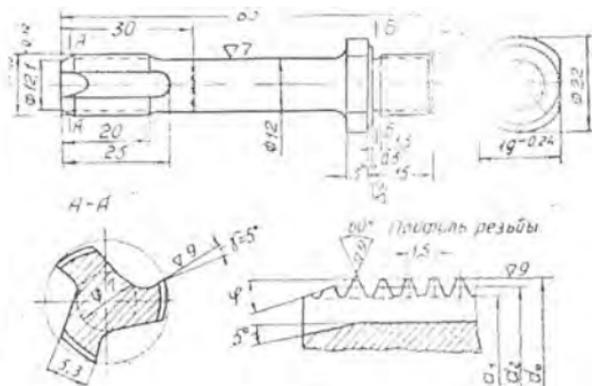
Для измерения амплитуды продольных ультразвуковых колебаний метчика в ненагруженном состоянии был применен высокочастотный индуктивный измеритель амплитуды вибраций типа ИАВ*, принцип действия которого основан на методе вихревых токов.

В опытах установлено, что в процессе нарезания резьбы в момент врезания под действием сил резания амплитуда колебаний метчика уменьшается и несколько снижается частота колебаний. Для того, чтобы выявить влияние сил на амплитуду и частоту, была проведена специальная тарировка, в результате которой было выяснено, что при подстройке системы в резонанс амплитуда колебаний метчика достигает первоначальной величины. В связи с этим был выбран такой режим работы генератора, который обеспечивал стабильность величины амплитуды метчика как при врезании, так и в течение всего процесса нарезания резьбы. В процессе резания амплитуда замерялась оптическим методом с помощью приспособленного на станке микроскопа МИС-11 с увеличением в 270 раз и фотографированием.

Исследование проводилось на токарно-винторезном станке модели 1А62. Инструмент — комплект из двух метчиков $M14 \times 1,5$ с увеличенной обратной конусностью по внутрен-

* Приборы конструкции отраслевой научно-исследовательской лаборатории «Промышленное применение ультразвука», КуАИ.

нему, среднему и наружному диаметрам (на длине 100 мм, 0,16—0,20 мм) представлен на фиг. 2. Метчики предназначены для нарезания резьбы в упор и имеют специальный хвостовик, которым они крепятся на резьбе в трансформаторе упругих колебаний. Режущая часть метчиков изготовлена из быстрорежущей стали Р9К5 и имеют следующую геометрию: $\gamma = 5^\circ$, $\alpha_{заб.} = 8^\circ$.



Фиг. 2

Для более плотной затяжки и создания лучшего акустического контакта в разъемном резьбовом соединении сопрягаемые поверхности метчика и трансформатора упругих колебаний перед закреплением покрывались тонким слоем машинного масла.

Нарезание резьбы проводилось в специально подготовленных образцах-втулках длиной 25 мм, растачиваемых после установки в размер $\varnothing 12,5 \pm 0,01$.

Исследования проводились при помощи крутильного электроиндуктивного динамометра с целью выяснения влияния ультразвуковых колебаний на суммарный крутящий момент и оптимального направления колебаний:

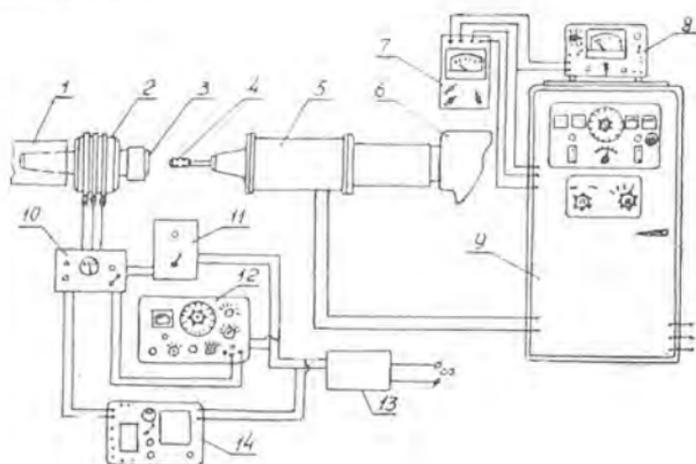
1. продольных (вдоль оси инструмента),
2. комбинированных (продольных и крутильных).

Для получения комбинированных колебаний на метчике было создано специальное устройство, представляющее полу-волновой конический трансформатор упругих колебаний, у которого начиная от узла смещения выфрезерованы спиральные канавки неравномерного шага, а внутренняя часть расточена с обратным конусом.

Общая схема установки для исследования процесса нарезания резьбы метчиками приведена на фиг. 3. Изменение суммарного крутящего момента в процессе нарезания резьбы записывалось на пленке с помощью осциллографа МПО-2.

В таблице 1 приведены сравнительные величины суммарных крутящих моментов при нарезании резьбы М14×1,5 с

ультразвуковыми колебаниями метчика различного направления и без них.



Фиг. 3

В качестве смазывающе-охлаждающей жидкости применялся сульфолфрезол (полнв из масленки).

Таблица 1

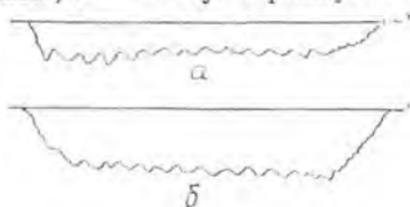
Крутящие моменты при работе с ультразвуковыми колебаниями и без них

№ метчика в комплекте	Угол заборного конуса	Скорость резания, м/мин.	Амплитуда продольных колебаний, мк	Амплитуда крутильных колебаний, мк	Максимальный крутящий момент, кгс.м	Примечание
I	15°	4	—	—	385	без ультразвука
I	15°	4	10	20	310	с ультразвуком
I	10°30'	3	—	—	620	без ультразвука
I	10°30'	3	10	20	485	с ультразвуком
I	10°30'	3	—	—	620	без ультразвука
II	19°30'	3	—	—	450	без ультразвука
I	10°30'	3	25	—	330	с ультразвуком
II	19°30'	3	25	—	240	с ультразвуком

Из таблицы видно, что уменьшение суммарного крутящего момента при нарезании резьбы метчиками с ультразвуковы-

ми колебаниями достигает при продольных колебаниях 40—45%, а при комбинированных — 20%. При этом обеспечивается 2-ой класс точности.

Уменьшение суммарного крутящего момента при наложении ультразвуковых колебаний можно объяснить устранением защемления боковых граней зубьев и снижением сил трения по этим поверхностям. Об этом свидетельствуют осциллограммы обратных крутящих моментов, полученные при вывертывании метчика, приведенные на фиг. 4 *a* — с ультразвуком, *b* — без ультразвука.



Фиг. 4

ных колебаниях вовсе отсутствует.

В процессе исследования замечено, что при нарезании резьбы с комбинированными колебаниями впадины резьбы метчика завариваются в меньшей мере, чем без ультразвука. Налипание на заднюю поверхность в первом случае также уменьшается, а при продоль-

ВЫВОДЫ

1. При наложении ультразвуковых колебаний на метчик при нарезании резьбы в титановых сплавах суммарный крутящий момент значительно уменьшается, особенно при продольных колебаниях.

2. При нарезании резьбы метчиками в термообработанном титановом сплаве ВТ-14 впадины резьбы завариваются, а на заднюю поверхность зуба метчика налипает обрабатываемый материал, что сказывается на точности и качестве резьбы. При нарезании резьбы с ультразвуком подобного явления не наблюдается, особенно при продольных колебаниях метчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Исаев, В. С. Апохин. Применение ультразвуковых колебаний инструмента при резании металлов. «Вестник машиностроения», № 3, 1962.

2. И. И. Теумин. Ультразвуковые колебательные системы. Машиз, Москва, 1959.

3. Л. Г. Меркулов. Теория ультразвуковых концентраторов. «Акустический журнал», т. III, вып. 3. 1957.