

Рис. 3. Сочленение лепестков цанги (а) и его кольцевая эквивалентная модель (б)

В результате проведенных исследований из условия прочности при допущении, что сочленение лепестков цанги является брусом большой кривизны, получили допустимое уменьшение диаметра цанги и допускаемую силу, действующую на один лепесток:

$$\Delta D_{\max n} = \Delta D \frac{\sigma_T}{\sigma_{\max} \cdot S_T}; F_{\max n} = \frac{4\Delta D_{\max n} \sin^2(\alpha/2)}{\delta_c l^2 \cos(\alpha/2)_T},$$

где  $\Delta D$  – произвольное сжатие цанги в радиальном направлении;  $\sigma_{\max}$  – наибольшие напряжения при сжатии цанги на величину  $\Delta D$ ;  $\sigma_T$  – предел текучести материала цанги.

Полученные зависимости позволяют с большей точностью оценивать работоспособность силового механизма и нагрузочную способность цанговых устройств с разрезными цангами.

#### Л и т е р а т у р а

1. Блинов, Д. С. Точные гибкие оправки / Д. С. Блинов, А. А. Шатилов. – М. : Машиностроение, 1987. – 44 с.
2. Новая конструкция планетарных роликовинтовых механизмов с гибкой гайкой / Д. С. Блинов [и др.] // Наука и образование. – 2011. – № 2. – С. 2.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Т. С. Колтунова

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Научный руководитель Л. М. Короткевич, канд. экон. наук, доцент

Потребности современной промышленности предусматривают не только применение традиционных материалов, но и разработку новых высокоэффективных материалов, а также прогрессивных технологических процессов [2].

В машиностроении с постоянным ростом требований по качеству, эксплуатационным характеристикам, себестоимости, простоте изготовления деталей и полуфабрикатов, автоматизации и роботизации основных производственных процессов особое внимание уделяется современным и ранее неизвестным материалам.

К материалам для различных деталей предъявляются разнообразные свойства: термостойкость; коррозионная стойкость; повышенные прочность и жесткость; значительные твердость и износостойкость; гибкость; пониженная или повышенная тепло- или электропроводность; запоминание формы, которая была до пластического деформирования; сверхпластичность; повышенная сопротивляемость усталости; гидрофобность и т. д. [7].

В современном производстве используются материалы:

- керамические и композиционные;
- наноструктурные;
- полимерные;
- порошковые;
- синтетические сверхтвердые.

1. Многообразие физико-механических характеристик и химического состава керамических и композиционных материалов позволяет создавать заранее рассчитанные свойства.

Несмотря на меньшую плотность, чем у жаропрочных материалов, композиционные могут использоваться при значительно более высоких температурных режимах – 1600–2500 °С. Их твердость близка к твердости алмаза, кроме того, такие материалы обладают высокой химической стойкостью и отличными диэлектрическими характеристиками. Применение композитов снижает материалоемкость и увеличивает жесткость конструкций.

Керамическая технология не предусматривает механической обработки, изделия выпускаются в практически готовом виде, допуская ультразвуковую, лазерную и электрохимическую обработку. Этот фактор увеличивает прочность и жесткость деталей и узлов, а защитные покрытия устраняют мельчайшие дефекты поверхности, повышая срок их использования и эксплуатационные свойства [4].

2. Формирование нанокристаллических структур позволяет получать конструкционные наноматериалы с уникально высокими свойствами. Их микротвердость, например, в 2–7 раз выше, чем твердость крупнозернистых аналогов, причем это не зависит от методов получения наноматериалов. Прочность этих материалов при растяжении в 1,5–2,0 раза превышает прочность крупнозернистых аналогов [3].

3. Полимеры обладают особыми механическими свойствами, такими, как эластичность, малая хрупкость стеклообразных и кристаллических полимеров (пластмассы, органическое стекло), способность макромолекул к ориентации под действием направленного механического поля.

К особым химическим свойствам относятся: способность резко изменять свои физико-механические свойства под действием малых количеств реагента, гибкость, механическая прочность [1].

4. Порошковые материалы позволяют повысить коэффициент использования материала до  $\approx 97\%$  за счет сокращения отходов при обработке, заменить дефицитные и дорогостоящие материалы и сплавы, повысить некоторые свойства.

5. Для финишной обработки термически упрочненных до высокой твердости сталей и чугунов эффективны инструменты из синтетических сверхтвердых материалов (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора [5].

На некоторых промышленных предприятиях для обработки сталей и чугунов высокой твердости часто используется алмаз. Однако алмаз очень дорогой в применении и не каждое предприятие может позволить себе его. Аналогом алмаза является кубический нитрид бора, или эльбор. Он имеет алмазоподобную кристаллическую решетку и уступает алмазу только по твердости, значительно превосходя другие его свойства.

По сравнению с алмазом эльбор стоит намного дешевле, а также имеет высокую химическую инертность, сохраняет твердость при более высоких температурах (до 1300 °С), что позволяет обрабатывать стали и сплавы с очень твердыми структурными компонентами – карбидами, боридами, нитридами, интерметаллидами – на интенсивных режимах.

Кроме применения различных материалов, позволяющих добиться высокого качества, в машиностроении постоянно совершенствуются технологии, например [6]:

1) облегчение двигателя. Учеными из Германии был создан одноцилиндровый двигатель внутреннего сгорания, где большинство узлов были заменены на пластиковые. Пластик был изготовлен из армированного волокна, который соответствует инъекционной формовке. Кроме облегчения веса такой двигатель работает значительно тише, чем обычный. Благодаря пластику из армированного волокна, снизилось количество затрачиваемого топлива. Также для надежного крепления пластика к металлу и устойчивости к различным органическим веществам в состав добавили термореактивные смолы;

2) применение лазеров обеспечивает резку любых сплавов разной плотности и физических свойств; автоматизацию процесса; высокую скорость обработки; точность;

3) самоочищающиеся покрытия, на примере Nissan, которые изобрели покрытие Ultra-Ever Dry, отталкивающее от себя пыль, грязь, машинное масло, органические растворители и др.;

4) применение сверхлегких материалов. Компания Boeing создала сверхлегкий материал Microlattice, в структуре которого находится около 99,99 % воздуха. Такая технология позволяет изготавливать отдельные детали с уменьшенным весом;

5) применение 3D-печати, что позволяет в кратчайшие сроки изготавливать изделия;

6) повышение износостойкости деталей.

Наиболее широкое применение для модифицирования и формирования на сопряженных поверхностях металлокерамического слоя, который, как правило, превосходит износостойкие покрытия, получили минералы слоистого строения: серпентиниты, тальк, слюды, глина, графит и т. д. Их положительный эффект обусловлен способностью этих материалов образовывать на поверхностях трения тонкие пленки, состоящие из чешуйчатых частиц, ориентированных параллельно поверхности трения. Эти пленки (или слои) разделяют трущиеся поверхности, сглаживают их микрорельеф, а в случае трения без смазки переводят его в трение внутреннее, при котором сдвиг происходит внутри слоя частиц. Таким образом, осуществляется чисто механическая защита трущихся поверхностей от износа.

#### Л и т е р а т у р а

1. Адаменко, Н. А. Свойства полимерных материалов : учеб. пособие / Н. А. Адаменко, Г. В. Агафонова. – Волгоград : ВолгГТУ, 2018. – 96 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/157178>. – Дата доступа: 17.04.2021.
2. Галимов, Э. Р. Современные конструкционные материалы для машиностроения : учеб. пособие / Э. Р. Галимов, А. Л. Абдуллин. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2020. – 268 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/126707>. – Дата доступа: 07.04.2021.
3. Горохов, В. А. Материалы и их технологии : учебник / В. А. Горохов, Н. В. Беляков, А. Г. Схиртладзе. – Минск : Новое знание, 2014. – Ч. 2. – 533 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/49451>. – Дата доступа: 17.04.2021.
4. Денисов, А. Е. Применение керамики и композитов в машиностроении / А. Е. Денисов, И. Е. Двоглазов, В. О. Чистяков // Символ науки. – 2019. – № 5. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-keramiki-i-kompozitov-v-mashinostroenii>. – Дата доступа: 11.04.2021.

5. Должиков, В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве : учеб. пособие / В. П. Должиков. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2019. – 328 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/119289>. – Дата доступа: 17.04.2021.
6. Инновационные технологии в машиностроении : сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф., Владивосток, 25 марта 2016 г. / ДВЦИТ. – Владивосток, 2016. – 96 с.
7. Стаханова, Я. А. Применение современных материалов в машиностроительном производстве / Я. А. Стаханова, А. В. Кутузова, А. Д. Гусев // Изв. ТулГУ. Техн. науки. – 2019. – № 6. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sovremennyh-materialov-v-mashinostroitelnom-proizvodstve>. – Дата доступа: 11.04.2021.

## ПРОБЛЕМЫ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ СИНТЕЗЕ МЕХАНИЗМА НАВЕСКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА «ПОЛЕСЬЕ»

Г. Г. Кудренко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. Б. Попов, канд. техн. наук, доцент

Мобильные энергетические средства (МЭС), в том числе универсальные энергетические средства (УЭС), стали незаменимыми помощниками на сельскохозяйственных предприятиях. МЭС выполняют широкий спектр сельскохозяйственных работ: пахоту, боронование, культивацию, междурядную обработку, внесение удобрений, покос трав, сев или посадку, уборку корне- и клубнеплодов, луковичных и пр. Однако это возможно только при условии их агрегатирования с соответствующими сельскохозяйственными машинами и орудиями.

Наиболее распространено навесное агрегатирование, которое имеет ряд преимуществ перед прицепным: возможность управлять навесной машиной и передавать ей мощность от двигателя, лучшая маневренность, компактность, повышенная производительность.

Цель работы – изучить одну из проблем, возникающую при синтезе механизма навески (МН), такую, как опрокидывание навесного устройства в правую сторону при подъеме.

Структурная схема механизма навески универсального энергосредства «Полесье» дана на рис. 1.

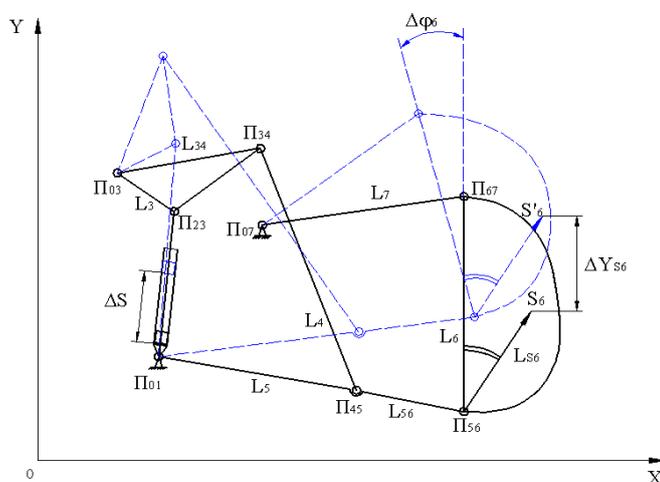


Рис. 1. Структурная схема механизма навески универсального энергосредства «Полесье» (правильный перевод навесной машины)