

УДК 629.78:621.8

Обоснования выбора способов упрочнения мелкомодульных зубчатых колёс приводов устройств исполнительной автоматики космических аппаратов

П.Н. Сильченко^{а*},

Е.С. Новиков^а, А.В. Леканов^б

^а Сибирский федеральный университет

Россия 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79

^б ОАО «Информационные спутниковые системы

им. ак. М.Ф. Решетнёва»

Россия 662972, Железногорск, Ленина, 52 ¹

Received 2.12.2011, received in revised form 9.12.2011, accepted 16.12.2011

Приведен анализ причин, влияющих на обеспечение функциональных характеристик мелкомодульных зубчатых колёс для обоснования и выбора способов упрочнения при проектировании приводов устройств исполнительной автоматики космических аппаратов.

Ключевые слова: привод, зубчатая передача, материал, физико-механическая характеристика, твёрдость, поверхность, сердцевина.

Одной из важнейших задач создания качественных приводов устройств исполнительной автоматики (УИА) механических систем космических аппаратов (КА) является обеспечение функциональных характеристик с одновременным снижением массогабаритных показателей при повышенной нагрузочной способности, минимальных массогабаритных параметров и безотказности работы в экстремальных условиях космического пространства.

Основными элементами конструкций приводов УИА КА являются **мелкомодульные зубчатые передачи**, имеющие модуль 0,25-0,5 мм. Существующий ГОСТ 21354-87 [1] содержит информацию по проектированию для модуля, превышающего один мм, и руководящие отраслевые технические материалы (РТМ) созданы на этом же ГОСТе, где рекомендации по определению расчётных значений физико-механических характеристик материалов применимы только к зубчатым передачам [1] с модулем больше единицы. При проектировании УИА КА используются высоколегированные и высокоуглеродистые конструкционные стали.

Для обеспечения прочности, изгибной и контактной выносливости зубьев мелкомодульной зубчатой передачи [2] необходимо обеспечить твердость их рабочих поверхностей и сердцевины.

* Corresponding author E-mail address: PSilchenko@sfu-kras.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

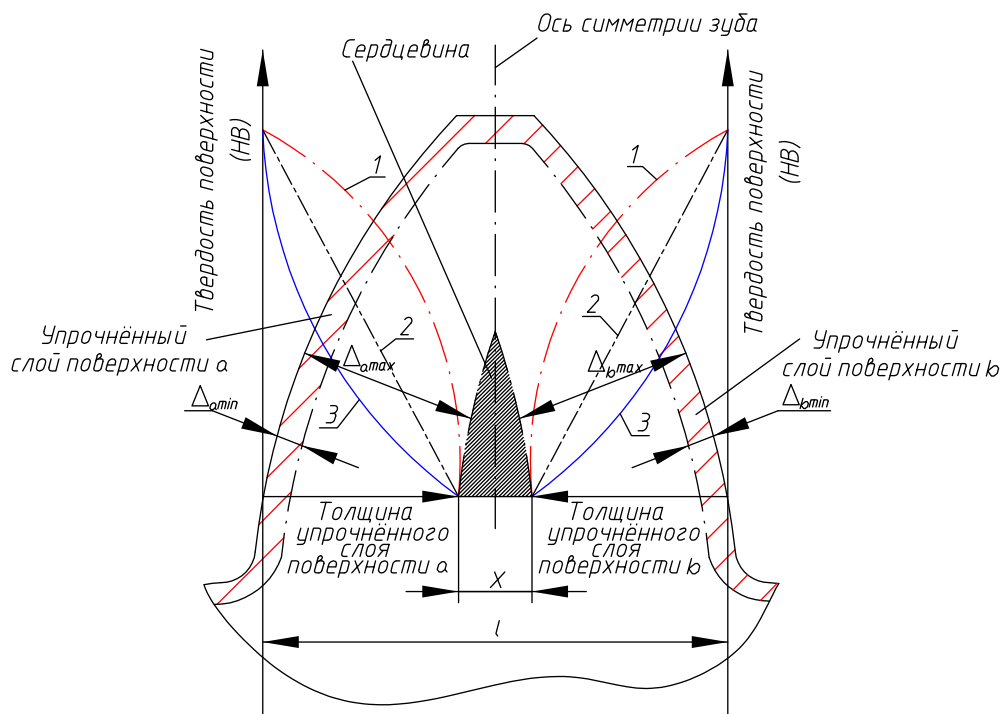


Рис. 1. Схема расположения поверхностных слоёв и сердцевины

При этом твёрдость рабочих поверхностей зубьев должна быть для обеспечения необходимой контактной прочности более высокой, чем твёрдость сердцевины зубьев.

Повышение твёрдости поверхности осуществляется различными методами поверхностного упрочнения и в результате образуются поверхностные слои, толщины которых Δ_a с одной стороны зуба и с другой Δ_b (рис. 1) в сумме могут быть равны или больше толщины зуба l . На рис. 1 изображены линии 1, 2 и 3, характеризующие возможные закономерности изменения твёрдости от поверхности зуба к его центру. В результате этих изменений в центре зуба (то есть его сердцевина) может оказаться такая же прочность (твёрдость), как и у поверхности, что не допустимо.

Серцевина зуба теряет свои свойства повышенной ударной вязкости, что приводит к хрупкому разрушению (рис 2) зуба у его основания. Следовательно, необходимо осуществить выбор способа упрочнения материала и режим термической обработки так, чтобы получить оптимальное сочетание твердостей сердцевины и рабочей поверхности зуба. Но при этом получить в результате минимально допустимую толщину упрочнённых слоёв Δ_a и Δ_b , при которых для зубьев шестерни и колеса мелко модульной передачи обеспечивается прочность сердцевины зуба ($x = l - [\Delta_a + \Delta_b]$), а также его изгибная и контактная выносливость.

Наиболее распространёнными способами упрочнения мелко модульных зубчатых колёс являются **поверхностные** химико-термическая обработка – цементация, азотирование и закалка ТВЧ, а также **объёмная** закалка.

Толщина поверхностного слоя зубчатых колёс *мелко модульных зубчатых передач* подвергнутых поверхностному упрочнению (цементация, азотирование и закалка ТВЧ)

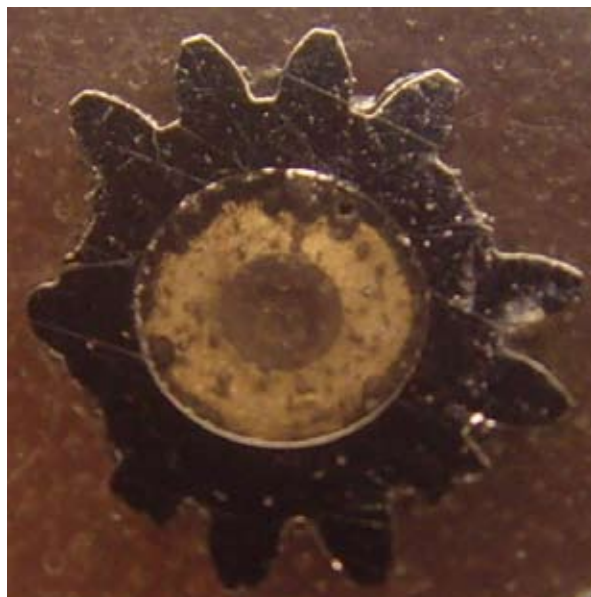


Рис. 2. Разрушенные зубья (модуль $m=0,5$) шестерни привода раскрытия батарей солнечных КА.

достигает 100-250 мкм, при толщине зуба по делительной окружности 200-500 мкм, в результате чего практически вся сердцевина ($x = l - [\Delta_a + \Delta_b]$) зуба оказывается также упрочнённой и она теряет свои свойства повышенной ударной вязкости, т. е. охрупчивается.

При **объёмной** закалке на поверхности и сердцевине зуба можно получить достаточно большую твёрдость и требуемую ударную вязкость, но величина поверхностной твёрдости зуба оказывается недостаточной для обеспечения изгибной и контактной выносливости зубьев мелкомодульной зубчатой передачи, а следовательно и обеспечения функциональных характеристик приводов с одновременным снижением их массогабаритных показателей при повышенной нагрузочной способности и безотказности работы в экстремальных условиях космического пространства в течение срока активного существования 10-15 и более лет.

Заключение

При выборе способа и режима поверхностного и объемного упрочнения необходимо, чтобы величина x находилась в таких пределах, чтобы $x < [x]$. При этом $[x] = l - 2(\Delta_a - \Delta_b)$, а $\Delta_a = \Delta_b \leq (0,12 \div 0,15)l$. Выбор коэффициентов при проектировании мелкомодульных зубчатых передач необходимо производить строго индивидуально для каждого привода в отдельности с учётом особенностей и требований к его эксплуатации в составе космического аппарата.

Список литературы

- [1] ГОСТ 21354-87. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. 125 с.
- [2] Сильченко П.Н. Некоторые возможности управления на этапе проектирования функционально-эксплуатационными показателями зубчатых передач приводов исполнительной автоматики космических аппаратов/ П.Н.Сильченко, Е.С. Новиков, А.В. Леканов и др.– Ре-

шетнёвские чтения: материалы XIII межд. науч. конф., посвящ. 50-летию Сиб.гос.аэрокосмич. ун-та имени акад. М.Ф. Решетнева Красноярск, 2009. С. 67.

Rationale for the Method of Hardening Fine-Grained Gears Drive Executive Automation Devices Spacecraft

**Petr N. Silchenko^a,
Evgeny S. Novikov^a and Anatoly V. Lekanov^b**

^a Siberian Federal University

79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041 Russia

^b JSC "Information Satellite Systems" Reshetnev Company"

52 Lenin str., Jeleznogorsk, 662972 Russia

It is given the analysis of reasons, which influence on providing of functional characteristics of small-module gear wheels for the basing and the choice of hardening methods at designing of drives of arrangements of executive automatics of space devices.

Keywords: drive, gearing, material, physical mechanical characteristic, hardness, surface, core.
