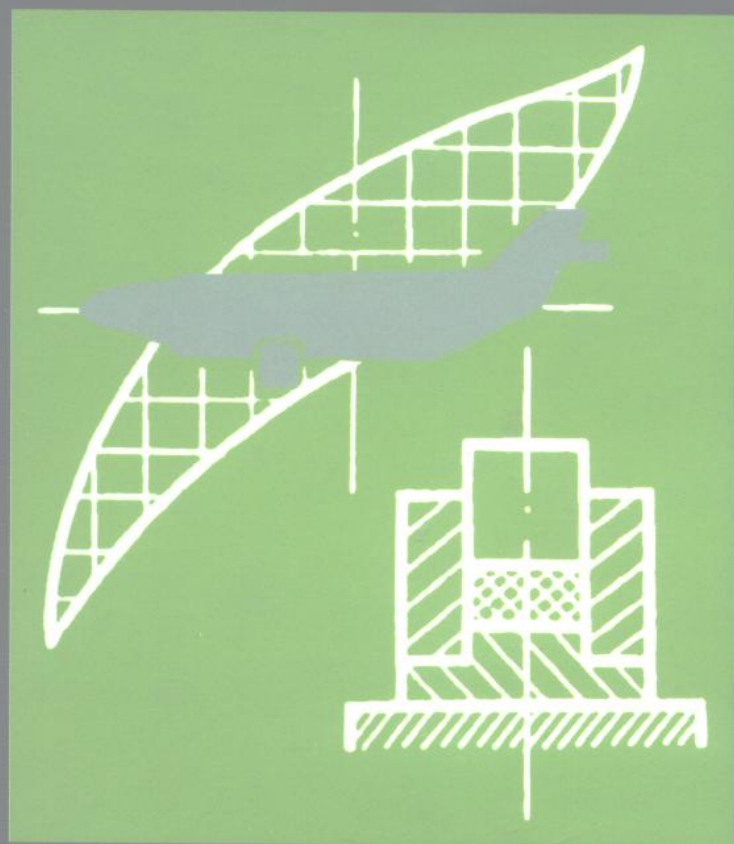


[俄] Д.Е.ЧЕГОДАЕВ О.П.МУЛЮКИН Е.В.КОЛТЫГИН

金属橡胶构件的设计

李中郢 等译



国防工业出版社

V423

Q44

461272

中国人民解放军总装备部专项基金资助出版

金属橡胶构件的设计

切达耶夫

Д. Е. ЧЕГОДАЕВ

[俄]

О. П. МУЛЮКИН

Е. В. КОЛТЫГИН

穆柳金

柯尔提金

李中郢 等译



00461272

国防工业出版社

·北京·

06/12
著作权合同登记 图字:军-1999-024号

图书在版编目(CIP)数据

金属橡胶构件的设计/(俄)切戈达耶夫等编著;李中郢等译.-北京:国防工业出版社,2000.5

ISBN 7-118-02181-4

I.金… II.①切… ②李… III.①航天器-金属材料-结构构件-设计②航天器-橡胶材料-结构构件-设计 IV.V423

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 48969 号

Чегодаев ДЕ. Конструирование добавочных органов машин и оборудования из упругорезиновой материала мр. Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 1994

本书已由俄罗斯萨马拉国立航空航天大学授予北京国防工业出版社中文版的专有出版权。版权所有,翻印必究。

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

三河市腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 8.625 217 千字

2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月北京第 1 次印刷

印数:1—1000 册 定价:20.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

中文版序

亲爱的中国读者！

本书总结了俄罗斯萨玛拉国立航空航天大学诸多学者、工程师及工作人员在研制久已于俄罗斯航空航天领域中获得成功应用的独特材料——金属橡胶方面的多年经验。

金属橡胶材料制品应用范围极其广泛，从航空航天产品到医疗设备及日用品。

但是，金属橡胶材料制品的成功应用及它的广泛的应用范围是以对具有给定结构和性能的金属橡胶制品的制造工艺提出特殊的，有时甚至是相互对立的要求为前提的。

此外，建立带有金属橡胶工作部件制品的设计及使用的科学依据，并以此来保证结构具有良好的维护性和给定的服务期同样是很重要的问题。

因此，作为本书的作者，我们力求阐明关于依靠一些专门的工艺方法制造金属橡胶材料的无废料生产工艺及不同用途金属橡胶结构基本设计方法这两方面问题的基本现状。

希望我们的工作对解决读者所面临的问题能够有所帮助，同时希望书中给出的有关制造金属橡胶材料结构工艺原理方面的结果能够加强中国的工业基础并增进中俄两国间在科学技术方面的友好往来。

仅以本书作者的名义向中国读者致意

技术科学博士、教授

俄罗斯萨玛拉国立航空航天大学

飞行器发动机结构与设计教研室主任

俄罗斯联邦科学与技术功勋活动家

Д. Е. ЧЕГОДАЕВ

Дорогие китайские читатели!

Настоящая книга обобщает многолетний опыт коллектива ученых, инженеров и рабочих Самарского государственного аэрокосмического университета по созданию уникального материала МР, изделия из которого успешно эксплуатируются на протяжении длительного времени в аэрокосмической промышленности России.

Диапазон использования изделий из материала МР чрезвычайно широк: от изделий для авиационных и космических объектов до медицинского оборудования и изделий бытовой техники.

Это обуславливает предъявление специфических, а порой взаимоисключающих требований к технологии изготовления упругопористого материала МР с заданной структурой и свойствами.

Второй, не менее важной задачей, является создание научно обоснованных принципов конструирования и эксплуатации изделий с рабочими органами из материала МР, обеспечению заданного срока службы и ремонтпригодности конструкций.

Авторами книги предпринята попытка осветить основные положения безотходной технологии изготовления материала МР, базирующейся на специфических технологических приемах, и основные подходы по конструированию металлорезиновых конструкций различного назначения.

Выражаем надежду на успешность предпринятой попытки по решению поставленных задач и надеемся, что представленные в книге результаты по конструкторско-технологическим принципам создания материала МР послужат укреплению промышленного потенциала

VI

Китай и укреплению дружеских научно-технических связей между нашими странами.

От имени авторов

д. т. н. , профессор,
заведующий кафедрой КиПДЛА,
Заслуженный деятель
науки и техники РФ

Д . Е. ЧЕГОДАЕВ

译者序

金属橡胶件是一种特别适用于航空航天技术需要的机械结构件。它因具有橡胶的弹性而得名,但它由金属制成,在真空中不挥发,不惧辐射环境,能耐空间的高温与低温,因而以其代替橡胶做减振、阻尼和密封件对提高航空航天产品的寿命、可靠性和性能有很大的好处。况且金属橡胶是多孔材料,近年来利用其毛细作用制成了热管、过滤器、可调与不可调节流阀,它们使空间飞行器热控系统及发动机回路中存在的一些问题得以妥善解决。

前苏联与美国早已开发并使用了这类产品,特别是俄罗斯国立萨玛拉航空航天大学(以下简称萨航),自60年代从所截获的美国军用飞机上发现金属橡胶部件后,便组织人力、物力投入该项技术的研究,且这方面研究从未间断。如今,他们的研究成果及水平已居世界前列。在30多年的研究历程中,俄萨航在金属橡胶技术领域取得84项专利,发表论文200多篇,培养博士、副博士共计40余人。通过不懈的探索与研究,金属橡胶的诸多优良性能被发现和利用。金属橡胶的应用已为俄罗斯的国防与经济建设带来显著效益。

由于前苏联、美国对金属橡胶研究成果的严密封锁,过去我国科技工作者对金属橡胶技术知之甚少。随着前苏联的解体及中俄技术交流的增多,越来越多的中国学者认识到金属橡胶技术的重要价值并致力于该项技术的研究开发。为了使他们的工作取得事半功倍的效果,我们翻译了《金属橡胶构件设计》一书。这本书是对俄萨航30余年金属橡胶技术研究与成果的系统总结。相信书中的内容对我国科技工作者能有所帮助。

本书第一、第二部分由李中郢同志翻译,第三部分由关英姿、

丰艺文同志翻译。因译者水平所限,书中难免有翻译不当之处,敬请读者指教。

另外,本书的翻译出版得到哈尔滨工业大学刘瞰、张泽华教授及国防工业出版社杜豪年编审等的大力支持,在此向他们表示诚挚的谢意。

衷心希望金属橡胶技术能早日为我国的国防与国民经济建设事业服务。

基本符号、脚标含义

符 号

d_s ——直线特征尺寸(金属橡胶样件的决定性尺寸), μm 。

d_{np} ——丝线直径, mm 。

d ——螺旋卷外径, mm 。

$d_{cp} = d - d_{np}$ ——螺旋卷中径, mm 。

L 或 l ——样件或丝线的长度, m 。

H, h 或 t ——制品高度或螺旋卷拉伸步距, mm 。

δ ——厚度或堵塞量, mm 。

α ——未拉伸螺旋卷线匝的升角或金属橡胶毛坯件成型时线匝相对螺旋线纵轴的取向角, $(^\circ)$ 。

$n = \frac{4\rho_{np}}{\pi^2 d_{cp} d_{np}}$ —— 1m^3 金属橡胶材料中丝线线匝的匝数。

$k_{np} = \frac{4E_{np}d_{np}^2}{8d_{cp}^3}$ ——金属橡胶中丝线线匝的刚度系数。

$e = \frac{1}{K_{np}}$ ——金属橡胶中丝线线匝的柔度系数。

F 或 S ——制品外表面或其横截面面积, m^2 。

$F_{\text{в.с}}$ ——空隙样件的活性面积, m^2 。

F_τ ——制品的吸热面积, m^2 。

M, V, γ ——质量, 体积及密度, 其单位分别为: $\text{kg}, \text{m}^3, \text{N}/\text{m}^3$ 。

$\bar{\gamma} = \frac{\gamma_{np}}{\gamma}$ ——金属橡胶样件的相对密度。

G ——重力, N 。

$\bar{G}$ ——介质的相对质量消耗。

Π ——空隙度。

ω ——空隙样件的比表面积或圆频率, Hz。

T, t ——温度, K 或时间, s。

ΔT ——温度降, K。

Δ ——变换标志或过盈量, μm 。

τ ——响应时间, s。

ε 或 Y ——变形, mm。

$\bar{\varepsilon}$ ——相对变形。

ν ——泊松系数或横向变形, mm。

ρ ——材料密度, g/m^3 。

$\bar{\rho}_3 = \frac{\rho_3}{\rho_{np}}$ ——金属橡胶样件毛坯的相对密度。

$\bar{\rho}_{mp} = \frac{\rho_{mp}}{\rho_{np}}$ ——金属橡胶样件材料的相对密度。

$\bar{\rho}_{cn} = \frac{\pi}{d^2}$ ——螺旋卷的相对密度。

$\eta_{np} = \frac{\rho_{np}}{\rho_3}$ ——金属橡胶样件毛坯的临界压缩度。

c ——刚度, N/m。

E ——材料弹性模量, GPa。

σ ——材料中的机械应力, MPa。

σ_{τ} ——材料屈服限, MPa。

$\bar{\sigma}_{\tau} = \frac{\sigma_{\tau}}{E}$ ——材料相对屈服限。

a_n ——材料比粘度, kJ/m^2 。

i_c ——工质的比热焓, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。

P ——内应力或外力, N。

P_{τ} 或 T ——摩擦力, N。

$P_{\text{в.т}}$ ——粘性摩擦力, N。

f ——摩擦系数或系统振动频率, Hz。

$X, \dot{X}, \ddot{X}$ ——位移、速度、加速度, 单位分别为 m 、 m/s 、 m/s^2 。

μ ——动粘度系数或滑动摩擦系数。

P ——压力,MPa。

$P_{\text{BX}}, P_{\text{BHX}}$ ——金属橡胶样件前及样件后的压力,MPa。

$\Delta P = P_{\text{BX}} - P_{\text{BHX}}$ ——压力降,MPa。

$P_{\text{cp}} = \frac{P_{\text{BX}} + P_{\text{BHX}}}{2}$ ——空隙样件中的平均压力,MPa。

$\frac{dP}{dL}$ ——空隙材料层中的压力梯度,MPa/m。

R ——通用气体常数,J/mol·K。

Re ——雷诺数。

η ——流体阻力系数。

ψ ——能量耗散系数。

V ——平均流速,m/s。

U 或 V_0 ——空隙样件中介质截面的特征速度或过滤速度,
m/s。

x ——湿周。

Q, Q 或 G ——介质的体积或质量流量,对应单位为: m^3/s ,
 kg/s 。

q ——自由落体加速度, m/s^2 或接触区载荷线密度,N/m。

i ——虚数单位。

$S = \frac{d}{dt}$ ——微分运算。

$\pi = 3.14$ 。

脚 标

з——毛坯。

нп——丝线。

MP——金属橡胶材料。

г——表示轴与作用力方向平行的线匝或表示并行连接的元件。

В——表示轴与作用力方向垂直的线匝或表示顺序连接的元

件。

1,2——有关工作过程或参数在系统及装置入口和出口上的检测点。

* ——无量纲参数。

max,min——相应参数的最大值或最小值。

i——参数的实时值。

ср——介质。

доп——参数允许值。

опр——已确定的参数值有关毛坯的冲压参数。

c——未加载制品的特征几何参数。

сп——金属橡胶样件中螺旋卷的特征几何参数。

ж——液体参数或金属橡胶制品的加强用丝线束。

内 容 简 介

本书介绍了70~90年代间由俄罗斯萨玛拉国立航空航天大学研制的高可靠性金属橡胶构件的设计、制造及使用方面的基本原理。所阐述的原理是各类金属橡胶构件得以在俄罗斯不同工业领域成功应用的关键。

本书共分三章。第一章在介绍人工制造空隙金属材料的同时着重介绍了金属橡胶构件的制造工艺方法；第二章介绍了金属橡胶构件物理与机械性能的理论及实验研究结果；第三章通过实例介绍金属橡胶构件在俄罗斯不同工业部门中的应用，并对金属橡胶构件的潜在应用领域做了说明。

本书内容对致力于降低材料消耗、提高机组设备服务期及减小机组设备动载荷作用的科技工作者和广大工程技术人员会有所帮助，同时本书适合高等工科院校的本科生及研究生阅读。

目 录

引言	1
1. 金属橡胶材料的制造工艺	4
1.1 粉末材料	5
1.2 金属橡胶材料制造工艺概况	7
1.3 对不同用途金属橡胶件制取方法有效性的简要 分析	13
1.3.1 减振器和弹性阻尼元件	13
1.3.2 热管、燃烧室和过滤装置元件	21
1.3.3 密封、滑动轴承和医疗用品元件	28
1.4 多孔金属橡胶材料组织分析,组织质量准则	31
1.5 制造金属橡胶的金属丝	33
1.6 保护膜及其形成方法	35
2. 金属橡胶材料性能的理论 and 实验研究	41
2.1 金属橡胶材料物理性能研究	42
2.1.1 热膨胀性	42
2.1.2 热容	45
2.1.3 导热性	46
2.1.4 流体力学和过滤性能	48
2.1.5 电学性能	84
2.2 金属橡胶材料机械性能研究	90
2.2.1 金属橡胶材料模型	90
2.2.1.1 金属橡胶按索弗尔模型的计算基础	90
2.2.1.2 金属橡胶中元件接触作用模型	98
2.2.1.3 金属橡胶内的能量耗散计算模型	110
2.2.1.4 金属橡胶材料的角锥模型	117

2.2.2 金属橡胶材料在强度、弹性摩擦、阻尼特性计算方面 的研究状况	124
2.2.2.1 压缩强度	125
2.2.2.2 弹性摩擦和阻尼性能	132
3. 机器设备中金属橡胶工作机构无废物制造工艺方法应 用实例	159
3.1 金属橡胶材料在防振、热防护及噪声吸收方面的 应用	159
3.2 金属橡胶材料在轴承工业中的使用	183
3.3 金属橡胶过滤装置的结构、制造及工业应用特点	188
3.4 金属橡胶材料在气液燃料组件的元件和装置中 的应用	202
3.5 不同化学性质的热载体在金属橡胶热管中的 流动	222
3.6 用金属橡胶材料除掉金属表面和导管的内表面 的腐蚀、溶胶灰、油污及其它结层	227
3.7 金属橡胶材料在其它科技领域应用方向和 前景	231
附录	234
参考文献	240

引 言

用毛细多孔组织材料作为机器、机械的元件或工作机构可以大大降低最终进入废品再生利用生产中的金属量,同时提高机器与设备的服役期和使用中的功能可靠性。

萨玛拉国立航空航天大学(以下简称萨航)在 60 年代研究出的金属橡胶材料(或称类似橡胶的金属)就是这类材料的典型代表。研究金属橡胶制造工艺及其执行装置的发起人有萨航的著名学者和实验人员,其中包括:A. M. 索弗尔教授、A. И. 别拉乌索夫教授,技术科学副博士 B. H. 布吉茨基、Г. B. 拉足特基尼、A. A. 特洛伊尼科夫、Ю. И. 巴伊波洛夫,工程师 B. A. 别勒什尼、A. Д. 彼丘基尼等等。

萨航各专业科研实验室的许多工作人员参加了对金属橡胶材料性能进行的理论及试验研究工作,并在此基础上研究了航空和火箭技术中的部件与装置,还研制了石油气、化学、轴承及其它工业部门设施中的部件与装置,其中最主要的工作人员来自第一专业的科研实验室和第十五专业的科研实验室。

俄国与其它国家的刊物上有许多关于金属橡胶的报导,其中论文总数超过 200 篇,座谈会、学术讨论及国际会议上的报告论题超过 100 项。萨航金属橡胶制品的主要研究工作获得 84 项发明,这些发明超过金属橡胶结构研制领域全部发明的 80%。

图 1.1、1.2 是 1960~1991 年间萨航专利处原始资料的汇总结果。

由图 1.1 上的曲线可知:金属橡胶材料及其制品结构制取工艺方法的形成过程以金属橡胶产品生产及技术完善的交替升降发展阶段为特点。

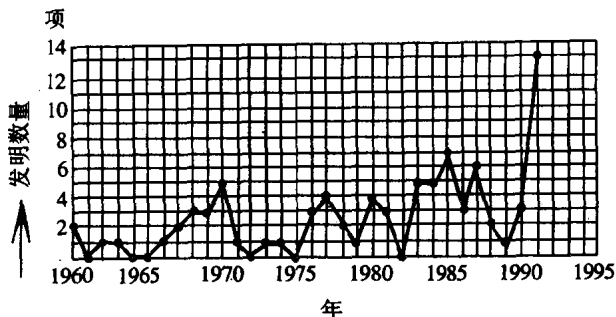


图 1.1 1960~1991 年间萨航在金属橡胶材料方面递交发明申请(方法和装置)的动态图

第一上升过程发生在 1965~1970 年间,此高峰发展阶段的特点是金属橡胶制品大量引进到俄罗斯航空航天技术领域的各种产品之中。

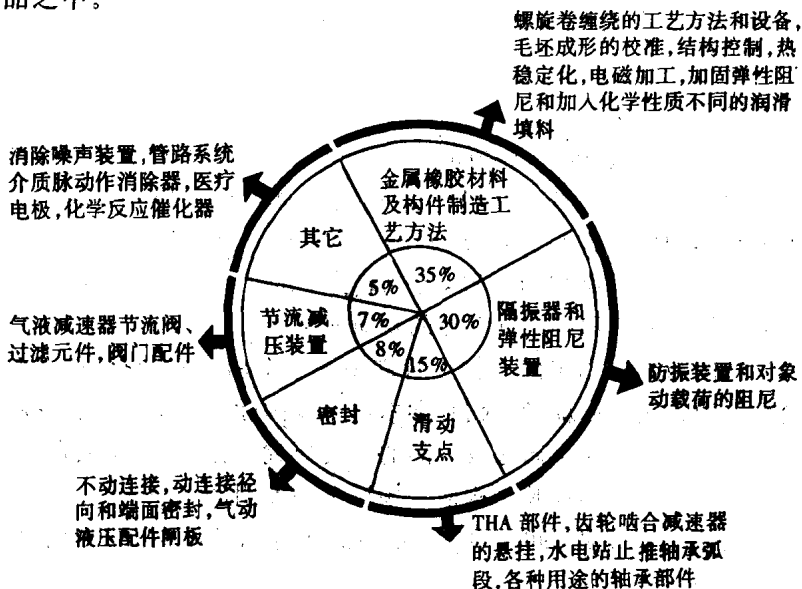


图 1.2 1960~1991 年间萨航研制的金属橡胶材料制备方法发明的定量关系图和金属橡胶制品技术措施