

經濟部二 一年中俄技術合作計畫  
研習人員考察報告

國際合作處  
中華民國九十年五月

**經濟部二 一年中俄技術合作計畫  
研習人員考察報告**

**研習主題：航太技術**

研習人員：航太工業發展推動小組廠商服務組組長 雷震台

出國地點：俄羅斯莫斯科

# 目 錄

	頁次
壹、前言	3
貳、俄羅斯航太工業簡介	4
參、參訪報告	7
肆、結論	16
附件一：照片集錦	
附件二：IMASH 機構簡介	
附件三：NPO MOLINYA 集團簡介	

## 壹、前言

為促進我國與俄羅斯的實質技術交流與合作，於民國八十四年五月經濟部頒訂「中俄技術合作計畫實施要點」，藉由經濟部國際合作處與俄羅斯國家科學院機械工程研究所共同主辦，每年選派我國技術人員赴俄羅斯參訪，以促進雙方之技術交流，所需差旅經費則由經濟部國際合作項下支應。

此技術交流參訪活動舉辦至今已屆第六屆，本年度參訪行程從民國九十年元月二十七日(星期六)至二月九日(星期五)，共計十四天。參訪主題為航太技術，由航太工業發展推動小組派員參加。技術交流參訪活動主要之目的為瞭解俄方航太材料技術研究現況並蒐集可引進之技術項目。

參訪行程係由俄羅斯國家科學院機械工程研究所首席科學家 Lutsau 教授負責安排，在航太技術方面由航太工業發展推動小組廠商服務組雷震台組長參與。行程方面則主要由 Lutsau 博士負責協調安排。參訪俄羅斯期間，承蒙台北莫斯科經濟文化協調委員會(北莫協)駐莫斯科代表處經濟組的曹四洋組長與廖浩志商務秘書協助各項事宜，包括接機、旅館安排、行程接洽等等，在此謹對於北莫協經濟組的安排與協助致以謝意。另特別感謝經濟部國際合作處的吳德嵩科長與鄭斐瑜小姐於此活動所給予的鼎力協助。

## 貳、俄羅斯航太工業簡介

提到前蘇聯政權時代航太工業的研發，最著名的米格(米格)與蘇愷(Su)戰機的研發。米格-15 於 1948 年研發成功，並開始服役於前蘇聯空軍，接著陸續發展米格-17、米格-19 與米格-21。為了汰換日漸老舊的且數量龐大的米格-21、米格-23 與米格-25(Foxbat)戰機群，於是由米格(Mikoyan Gurveich)設計局於 1972 年起秘密的展開了新一代戰機的研發工作，米格設計局參考了許多新進出廠的美國戰機(如 F-15、F-16 等)的設計理念，於 1977 年起開始進行米格-29 原型機的試飛工作，1982 年進入量產，陸續進入前蘇聯空軍服役，並授權印度於當地量產。1986 年米格-29 戰機訪問芬蘭，西方國家才有機會揭開其神秘面紗。米格-29 一般歸類為空優攔戰鬥機，早期量產的米格-29 為支點 A 型，雙座型米格-29UB 稱為支點 B 型，外銷型計有米格-29SE(支點 C)、米格-29SD，另外尚有米格-29K 艦載型，以及米格設計局改良後的米格-29M(米格-33)，對地攻擊衍生型米格-30，構成完整的家族系列。在現實世界中，米格-29 常和西方世界的 F-16、F-18 相提並論。然而，藉著前蘇聯獨樹一格的科技水平，米格-29 在近戰時甚至佔有更多的優勢。1992 年推出米格-31(Foxhoun)開始服役，並預計修改米格-33 為米格-35，但是目前計畫停止，全新戰機研發被蘇愷三十五(SU-35)取代。

蘇愷二十四(SU-24)與 F-111 同時期進行開發，自 1965 年開

始設計，但蘇愷二十四體積比較 F-111 小、動力比較大，具備極高之承載量。接著蘇愷(Sukhoi)設計局繼開發出蘇愷二十五 (SU-25) 蛙足式 (Frogfoog) 戰機、蘇愷二十七 (SU-27, Flanker)、蘇愷三十三 (SU-33) 戰機側衛者 D 型 (Flanker-D) 等。蘇愷三十 (SU-30) 戰機是俄國製造的最優良戰機，更先進的蘇愷三十七戰機目的則仍在研發階段。蘇愷三十改良自蘇愷二十七、外形類似，於 1994 年柏林 (Burlin) 航展第一次公諸於世。蘇愷三十 MK 戰機，作戰航程可達 3,000 公里，空戰能力強，可掛 12 枚空對空飛彈，具備空中加油能力，可作快速急轉彎，同時執行空對空及空對地任務，飛行最高高度為 59,055 呎，最大速度為音速的 2.35 倍 (M2.35)。西方軍事專家指出，蘇愷三十是一種變座、多用途戰機，是設計來與美國空軍的 F15 對抗。雖然蘇愷三十性能不錯，但俄羅斯空軍因為經費不足，至今未配備這型戰機，除中共外，印度已於 1996 年購買了 40 架蘇愷十戰機，這批戰機當時是在俄羅斯遠東地區裝配的。中共也是俄羅斯武器的最大客戶之一，目前已擁有 48 架蘇愷二十七型戰鬥機，並獲授權自行生產 200 架同型戰機。

俄國在歷經經濟改革與重整後，原有的航太工業實體紛紛獨立並成立合資公司，轉型成民營公司。為能爭取最大利益與生存的空間，在近幾年俄國航太工業的各研發與製造單位，莫不致力於將所生產的軍用航太產品推向國際軍火市場，並

且運用本身的科技帶動，將軍事研發轉為民航事業，製造生產民航客貨機，同時尋求國際合作以進入國際民用航空市場。

俄羅斯目前航太市場極度缺乏資金，未來隨著政策的開放，將有與俄羅航太工業進行技術合作的機會。雖然俄羅斯政府認為航太工業為策略性產業，但缺乏相關資金補助提昇其產業競爭力，近來俄政府正積極運用既有的高技術拉攏國外航太廠商進行合作，吸引外資投入俄羅斯活絡航太產業帶動經濟運轉，同時尋求切入國際航太廠的機會。

## 參、參訪報告

參加二十一世紀複合材料及新金屬合金研討會

本次研習主題在學習俄羅斯航太材料最新技術、在 IMASH 機構的 Lutsau 博士的建議之下，報名參加『二十一世紀複合材料及新金屬合金研討會』(Theory & Practice of Technologies of Manufacturing Products of Composite Materials and New Metal Alloys-the 21<sup>st</sup> Century)，舉行日期自一月三十日起至二月二日止(為期四天)假莫斯科大學舉行。會中邀請美國、奧地利、伊拉克及俄羅斯地區之複合材料及新金屬專家作專題演講。本次會議之演講專題涉獵範圍極廣，包括：複合材料產品製程電腦化最佳設計、網格化航太級複合材料結構分析、大型複合材料數位化結構及自動化製程、分析高溫離子衝擊零件製程、複合材料之磁性特質工程，俄製 AN 飛機結構的摩擦 / 非摩擦材料應用等專題。

目前鈦礦床主要分佈在巴西、印度、加拿大、挪威、南非、澳洲等。鈦合金可細分耐腐蝕性鈦合金及高強度鈦合金二種。

### (一) 耐腐蝕性鈦合金

鈦對酸化性空氣及鹽化物水溶液具有很強的耐腐蝕性，但對具還原性的耐酸腐蝕性較弱，只要添加鉬、鈮等金屬元素，就可改進其耐腐蝕性。Ti-0.3Mo-0.8Ni，在鹽化物環境中有極優的耐腐蝕性。



耐腐蝕性鈦合金主要的 Ti-0.15Pd、Ti-5Ta、Ti-0.3Mo-0.8 等。高強鈦合金又細分在室溫安定相存在的（ $\alpha$  型稠密六方晶造）、 $\beta$  型（體心立方晶構造）、 $\alpha + \beta$  型等三種結構，主要 Ti-5AL-2.5Sn、Ti-6AL-4V、Ti-13V-11Cr-3Al 等。

## （二）高強度鈦合金

1. 此合金包含兩種型態— $\alpha$  型合金與  $\alpha + \beta$  型合金：

$\alpha$  型合金 - 不需要熱處理(heat treatment)，在高低溫皆具有極佳的安定性及熔接性等點。以 Ti-5AL-2.5Sn 為代表。

2.  $\alpha + \beta$  型合金 - 因合金元素的種類和量的不同其具有特性也有很大的變化。代表性的合金有 Ti-6AL-4V。

3. 鈦合金的物理特徵

鈦合金（Ti-6AL-4V）和其他金屬材料的物理性質相比較之下，有以下的特徵：

(1)鈦合金熔點 1594℃，略比鐵高。

(2)鈦合金比重 4.43、約為鐵的 60%、約為鋁的 1.7 倍

(3)熱導率較小，為 0.017cal/cm<sup>2</sup>.sec。

(4)熱膨脹係為  $88 \times 10^{-6}$ ，約為鋁的 1/3。

(5)透磁率為 1.000，屬於非磁性體。

(6)電氣阻力大為 171  $\mu$ -cm，約為鋁的 3 倍。

(7)縱彈性係數小為 11.550kg/mm<sup>2</sup>，鈦合金在加工成形方面具下列特徵：

a. 除了少部份  $\alpha$  型鈦合金外，其餘不易加工成線圈狀。

- b.可製成最薄 0.5mm 的平板。
- c.鈦合金可製成線或圓棒形。
- d.鍛模(Forging dies)通常只能達到 100kg。

鈦合金應用範圍，特別是引擎方面，鈦合金的應用範圍及開發，特別是引擎方面，例如葉片或部份的壓縮器方面都使用鈦合金。引擎上鈦合金的使用率約佔 1/4，在軍用機體上的使用率方面約佔 1/5-1/4，民航機方面約佔 7%左右的比例。俄羅斯一直致力於鈦合金製程技術的研究改進。希能尋找出降低成本的過程。

可引進項目：未來可與俄羅斯著名鈦合金製造廠 V 公司進行鈦合金加工技術交流及轉移，可提昇國內引擎熱鍛之製造技術

參訪 IMASH：

IMASH 成立於民國 27 年(西元 1938 年)，成立目的在解決機械及機構上製造、設計上的任何問題。而 IMASH 是由俄羅斯地區最頂尖的機械專業人士所組成的。IMASH 為俄羅斯地區機械科學的領導中心，它在整個技術發展上如機械系統光學設計、先進的自動化系統、實驗機械、人因工程的生物力學……等各個領域均獲得世界各國極高的評價。而 IMASH 基礎研發工作範圍廣及原子力學、航太工程、火箭工程、國

防武器、化學、運輸工具、冶金技術、結構設計(如道路建造)及輕/重機械工程等各項應用。由於身為俄羅斯設計局的重要研發機構，IMASH 參與各項重要研發計畫，如原/核子熱反應爐、渦輪發電機、太空火箭系統、原子動力之潛水艇、飛行載具及飛行實驗風洞等各項設計研究工作。

IMASH 的研發工作在提供增加靜態結構的強度，可靠度及安全度，與減低動態結構的振動效應及研究新型複合材料應用層面，例如改善飛行力學的各種因子及發展機械人。

IMASH 各主要工作內容：

- 機械的結構、動態及靜態的綜合研究
  1. 傳動機械(Drive-mechanism-control)綜合理論計算學理，包括結構、力矩、質量、度量....等最佳化設計。
  2. 精密複雜機械的動力控制研究。
  3. 機械系統的理論研究。
  4. 機械系統的驗證及技術診斷的研究方法。
  5. 模擬機械結構運作的最佳化計算方法。
  6. 機械運動的模組化設計的最新法則。
  
- 提供機械安全運動的方法及其標準
  1. 研究計算剪應力變形的數值方法。
  2. 研發測試危險度高的機械裝置所需的替代實驗器

材。

- 減低機械設備的摩擦損失及改善磨損能量
  1. 研究高效率機械裝置、計算高耐度、高可靠度摩擦裝置。
  2. 研究邊界層理論、液壓動力、潤滑系統。
  3. 研發高品質潤滑物質(電磁、液態及粉末狀物質)。
  4. 研發最佳化接合機構及接觸面摩擦之技術。
  
- 主要研發成果
  1. 機械傳動裝置及複雜結構運作的高可靠度。
  2. 研究新機械理論：第一次運用在人的步行裝置上，同時並發展多功能的運動機械上。
  3. 振動理論：研發在各種不同參數環境(包括動態及靜態)之傳動系統的振動研究工作。
  
- 太空與航空工業方面
  1. 重心引力方面所影響的機械的操作的分析。
  2. 太空載具的振動力學分析。
  3. 兩個太空載具於太空中相對運動的分析。

IMASH 的代表及各專業領域的專家與各國專業人士共同設立全球安全機械機構，共同致力研發分析機械運動理論，以

期望創造出高性能、高安全性的機械裝置。

IMASH 不僅在俄羅斯工業中扮演一個重要角色，同時並與美國知名波音公司及麥道公司(現已被波音併購)進行各項太空計畫的合作。

可引進項目：IMASH 機構擁有完整複合材料及其他各項金屬材料的基本資料及研究測試報告，可做為國內改進材料性質的參考，惟該等資料對俄羅斯而言屬較為機密且寶貴資料，如可引進，需與俄方就此等資料洽談移轉費用。

參訪 NPO MOLINYA 集團：

NPO MOLINYA 集團(文後簡稱 M 集團)一九七六年成立，並開發出第一個可重複使用的太空載人載具。由於當時受限於技術之故，太空載具內所使用昂貴精密的推進系統及航電系統僅能使用一次，造成太空載具的開發費用極高，而 M 集團所研發出可重複使用的太空載具，對於當時七十年代的技術而言，可說是一項創舉。而這樣的太空載具系統，蘇聯(現俄羅斯)稱之為冰風暴載具 (BURAN Orbiter)。

M 集團成立之初主要有兩項研發計畫：第一是重型超音速飛機及飛彈之研發；第二是開發飛機所需的生產機具設計工作

及飛機各項性能之實驗測試工作。

七十年代蘇聯各項工業並未做過像冰風暴載具這樣大型的計畫，譬如在高速飛行，載具所使用的耐高溫材料在太空中所遇到如輻射等問題上沒有完整的研發經驗，有鑑於此，蘇聯政府投入大量的人力、物力，在 M 集團內建立全功能的實驗室，除了各項實驗設備外，更興建了全尺寸實體模型的測試裝備，作為冰風暴載具的動態及靜態測試之用。

冰風暴載具定位為高載重的飛行器，起飛酬載為三十噸，可以攜帶二十噸重的工具返回地球，其內部容量可承載十七公尺長、五公尺直徑太空工具，及搭載六名太空人，可謂「大容量」太空載具。

在經過近二十年研發及測試之後，冰風暴載具於一九八八年十一月完成首次飛行任務。同時在八〇年代初期，M 集團著手進行另一項開發計畫：多功能太空載具系統（MAKS，Multipurpose Aerospace System）。這項系統除了具有高酬載、高運作效率及低營運成本等優點外，另一項特點是，它是由大型飛機上發射進入太空執行任務，故不受地面發射基地氣候因素限制，可隨時隨地由各機場起飛進入太空，因此對執行突發狀況的太空任務（如緊急修護工作或救援工作）上更為彈性。MAKS 系統早在冰風暴載具執行首次任務前，即已開始進行研發工作，目前這項載具的結構、附掛油箱等

均已完成開發工作，同時並進行推進系統的測試工作。MAKS 包含了兩個部分：太空載具和搭載太空載具的大型飛機。現階段用的是冰風暴載具及 An-225 MRJA 大型飛機。而冰風暴載具所用的是兩具高推力 RD-701 引擎及攜有液態氫、液態氧、柴油的附掛油箱，以便提供載具足夠的推力進入太空。

現階段 M 集團不僅在太空方面保有持續的研發工作，另外在新型飛機方面也開始進行設計工作，目前 M 集團已設計一系列其載重量自五百公斤至五噸的民用飛機，M 集團為了要切入民用飛機市場，因此在設計上有別於一般傳統的民用飛機造型，而研發出「三翼」飛機，其標榜的是「優異的氣動力、更安全、更省油且價格經濟實惠」的飛機。M 集團表示，三翼設計理念主要是改善飛機氣動力的損失，在飛機飛行中最危險的兩個過程：起飛及降落時，自動補正高角的氣動損失，相對更增加飛機操控的安全性。以下是三翼飛機的簡單介紹：

- MOLNIYA-1：六人座的螺旋槳小飛機，此型飛機在一九九三年獲 Eureka-93 全球發明獎之金獎，一九九五年獲得布魯塞爾最佳技術獎。目前此型飛機用作貨運、旅遊及私人飛行用，同時其高安全性之故，常被派遣至天氣惡劣地區執行相關運輸任務。
- MOLNIYA-100：十五人座雙螺旋槳引擎商務客機，除可載送乘客及運輸貨物外，更可改裝成八人座的救護及救援

用飛機。由於引擎安裝在機身尾端，因此大大減低噪音與振動方面的問題，提供乘客一個舒適及安靜的飛行過程。

- MOLNIYA-300：六人座雙噴射引擎商務客機，其功能如MOLNIYA-100型飛機相同。
- MOLNIYA-400：目前M集團正進行開發的廣體客機，其載客量為二百五十人、載貨量可達五十噸之重。
- MOLNIYA-1000：雙機身的超級客機，其載客量可達一千二百人、載重量可達四百五十噸之重。由於其特殊設計，將類似附掛油箱的大型貨櫃裝置在兩個機身中間，除可進行運送一般大型設備，如大型引擎、化學反應、軍事裝備等外，更可輕易地運送太空載具及其發射相關設備，解決了運輸上的困擾。

可引進項目：該公司所生產飛機之市場多屬俄羅斯及中亞地區，市場初步評估規模不大，但就M公司所擁有相關製造技術可進一步蒐集資料，以投資方式取得相關關鍵製造技術。

## 肆、結論

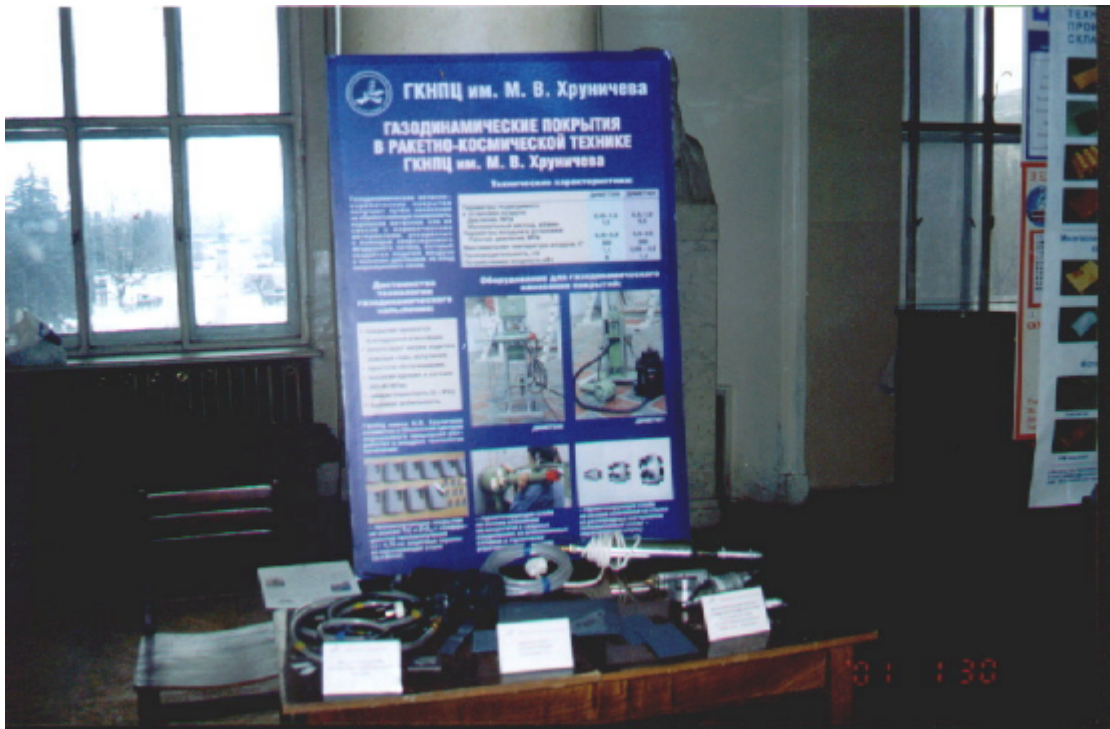
- 本次採納IMASH機構的Lutsau博士的建議，報名參加『二十一世紀複合材及新金屬合金研討會』，原認為可與各國從事複合材料及新金屬的研發機構進行廣泛的交流及蒐集技術來源，但從出席人數未超過五十人及大多數來自俄



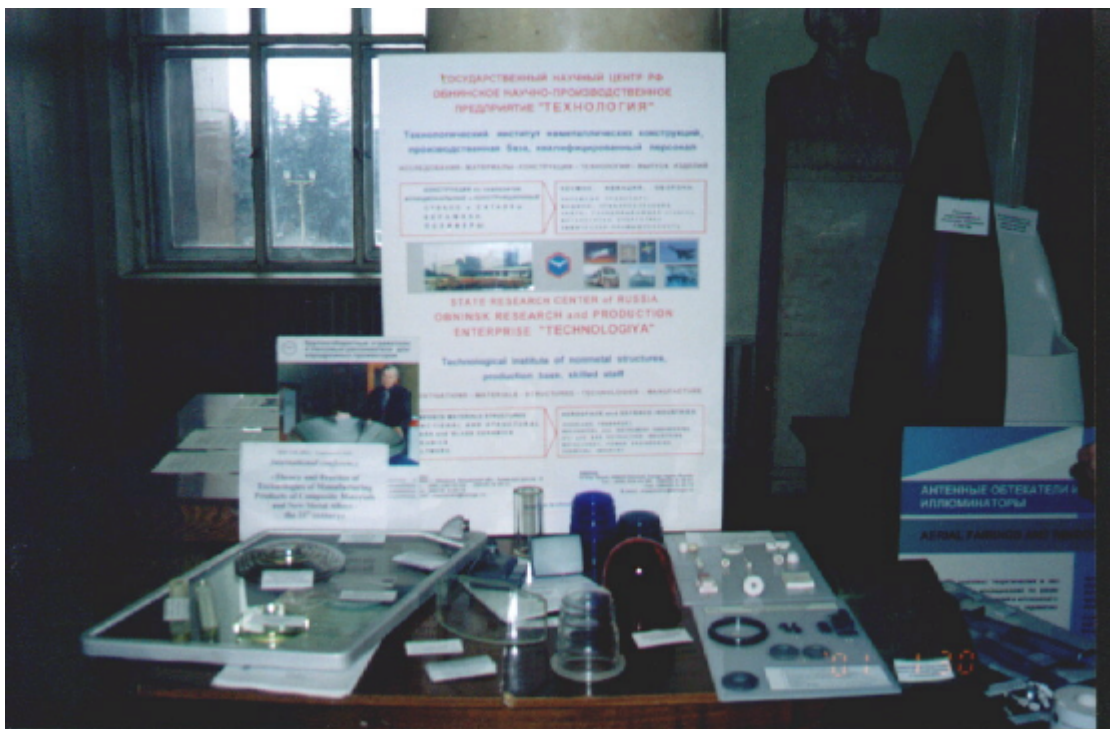
羅斯地區的研發機構來看，此類研討會屬地域性質的交流活動，就報名費用與實質獲得效益而言，有待商榷。建議下次訪俄羅斯行程儘量避免參加研討會，將研習時間多安排拜訪研發機構或航太廠商。

- 本次行程拜訪機構多在莫斯科地區，經與 Lutsau 博士洽談得知多數航太廠商位於莫斯科郊區，往返車程需數小時之久，但從研習技術程度來看，建議需至現場拜訪瞭解俄羅斯工廠管理及運作情形，始能得知其工業技術水準，才可進一步瞭解技術來源及洽談引進內容。
- 俄羅斯航太工業技術水準頗高，但距離商業化水準仍有一段距離，其所製造的軍機是屬軍事機密具是民航機市場多屬俄羅斯地區，因此現階段切入俄羅斯航太工業建議以技術移轉取得相關技術基礎資料，強化國內在基礎技術的資料庫作為研發改進之用。
- 有關研習時間，建議安排八、九月份秋季，可使增長每日研習時間，增加研習效果。

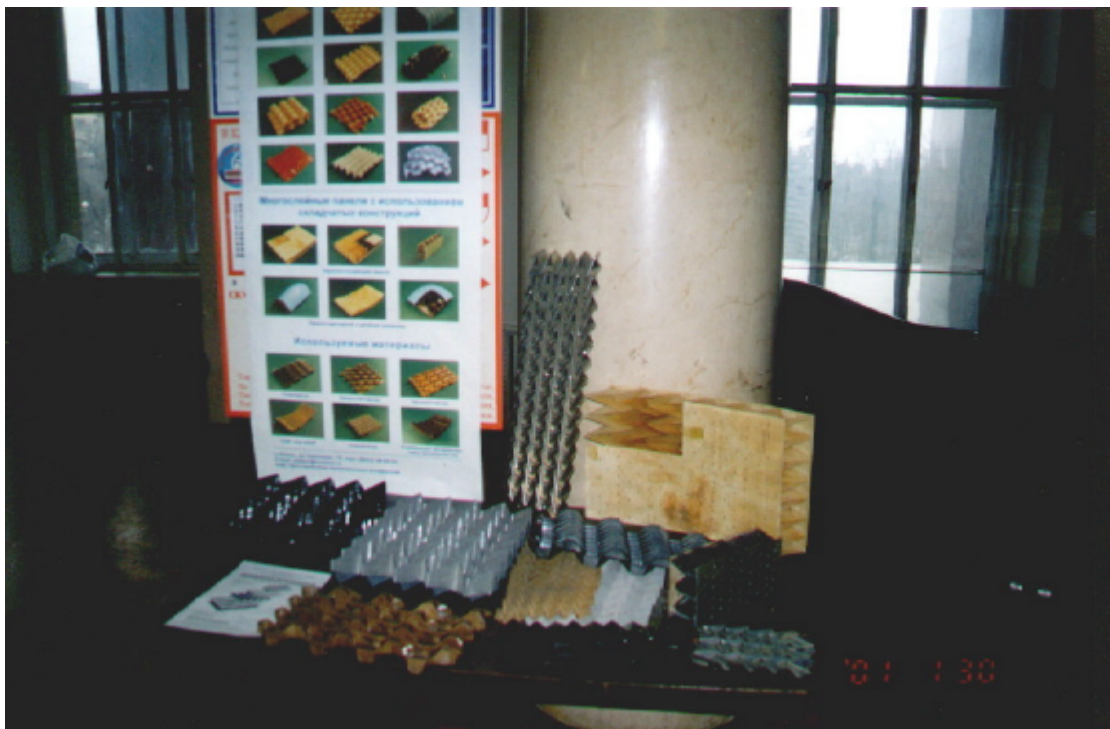
## 附件一：照片集錦



圖一：二十一世紀複合材料及新金屬合金研討會場新金屬產品展示



圖二：二十一世紀複合材料及新金屬合金研討會場複材產品展示



圖三：二十一世紀複合材料及新金屬合金研討會現場蜂巢結構展示



圖四：IMASH 機構研發完成的鈦合金材質引擎燃燒筒





圖五：IMASH 機構研發完成的鎂合金材質航太用齒輪



圖六：IMASH 機構研發完成的複合材料航太零組件

## 附件二：IMASH 機構簡介

## 附件三：NPO MOLINYA 集團簡介