

出國報告(出國類別:移地研究)

2014 阿伯里斯特威斯大學參訪

服務機關：中正大學前瞻製造系統頂尖研究中心

姓名職稱：亞歷山大 AIM-HI 正研究員

派赴國家：英國倫敦、阿伯里斯特威斯

出國日期：民國 103 年 4 月 8 日至 103 年 4 月 20 日

報告日期：民國 103 年 6 月 24 日

摘要：

本研究為中正大學前瞻製造系統頂尖研究中心與中山大學機械系共同合作開發，目的是為了開發出新的方法，來預測金屬在高速強烈塑性變形過程中，因極大應變率導致材料摩擦表面產生又薄又硬的變化層，但透過之前實驗結果發現原本的實驗理論並沒有把擠製過程中升溫的影響給考慮進去，導致理論原假設的剛塑性體假設並不完善，因此特地拜訪阿伯里斯特威斯大學 Mishuris 教授，為了要將理論和實驗結果相互結合，釐清因升溫使原本的剛塑性體擴展成粘塑性模型的物理與機械性質是首要之急，以有助未來之擠製過程的實驗與論文的發表。

目次

項目	頁次
目的	3
參訪過程	3
心得	11
建議	13
攜回資料名稱及內容	13

一、目的：

本研究為中正大學前瞻製造系統頂尖研究中心與中山大學機械系共同合作開發，為了開發如何預測金屬在成型過程中材料最大表面生成薄而硬變化層的方法，但因升溫的影響導致原本的基礎假設不符，因此特別與阿伯里斯特威斯大學的 Mishuris 教授一同討論，以特定粘塑性溶液進合實驗分析與探討，透過實驗分析試圖了解塑性模型的基本假設，而經過這次的研究，大致上已將理論基礎分做五種假設，透過此五種假設再進行數值分析，並互相比較其物理性質與行為和實際擠製成型後材料磨擦表面變形層較為相近，以助日後實驗論文的發表。

二、參訪過程

日期	行程	地點
4/8	由台灣高雄搭機前往英國倫敦	台灣>倫敦
4/9	抵達倫敦前往阿伯里斯特威斯	倫敦>阿伯里斯特威斯
4/10	在阿伯里斯特威斯大學圖書館文獻回顧彈粘塑性模型	阿伯里斯特威斯大學
4/11~13	整理邊界問題的公式，此分析的公式論文來源為: Alexandrov S. and Jeng Y.-R. (2009) Compression of Viscoplastic Material Between	阿伯里斯特威斯大學

	Rotating Plates, <i>Trans. ASME J. Appl. Mech.</i> 76 (3), Paper 031017.	
4/14	討論並找出邊界值問題的通解	阿伯里斯特威斯大學
4/15	在 $\alpha < \pi/4$ 最大摩擦表面附近進行分析	阿伯里斯特威斯大學
4/16	在 $\alpha > \pi/4$ 最大摩擦表面附近進行分析	阿伯里斯特威斯大學
4/17	找出剛塑性體與粘彈性體的通解並且互相比較差異，並總結理論求解出擠製過程中應變率因子的可能性。	阿伯里斯特威斯大學
4/18	由阿伯里斯特威斯前往倫敦	阿伯里斯特威斯>倫敦
4/19~20	由倫敦搭機返回台灣高雄	倫敦>台灣

筆者於 4/8 由高雄前往英國倫敦，4/9 再由倫敦出發，大約傍晚抵達阿伯里斯特威斯，之後 4/10 前往阿伯里斯特威斯大學參訪，並前往貴校圖書館查閱實驗相關論文文獻，於 4/11 到 4/13 整理查詢論文，並歸類應變率因子及彈黏性體邊界條件的公式，以便日後實驗分析所用，而 4/14~4/17 筆者與阿伯里斯特威斯大學 Mishuris 教授一同討論研究，試圖找出剛塑性體與粘彈性體的通解並且互相比較差異，

詳細內容如下所示，之後 4/18 於阿伯里斯特威斯回到倫敦，在由 4/19 倫敦搭機返回台北，而 4/20 抵達高雄機場。

4/11~13

查閱論文找出與研究相關之粘彈性體邊界值問題公式：

論文來源: Alexandrov S. and Jeng Y.-R. (2009) Compression of Viscoplastic Material Between Rotating Plates, *Trans. ASME J. Appl. Mech.* **76**(3), Paper 031017

$$\frac{dF}{d\varphi} = \frac{2F \tan 2\varphi (\cos^3 2\varphi - wF)}{wF - \cos^3 2\varphi - A \cos^2 2\varphi}$$

$$\frac{d\theta}{d\varphi} = \frac{wF - \cos^3 2\varphi}{wF - \cos^3 2\varphi - A \cos^2 2\varphi}$$

$$\frac{df}{d\varphi} = \frac{(wF - \cos^3 2\varphi)F}{wF - \cos^3 2\varphi - A \cos^2 2\varphi}$$

由上述這些公式求出的解可以看出當最大摩擦表面 $\varphi = \pi/4$ 可能為奇異點，因此可能可以透過此解求得的奇異特性來描述材料因塑性變形之最大磨擦表面的機械性質，來證實由前瞻科技中心與中山大學共同合作之擠製試驗出的結果。

4/14

筆者以黏塑性本質上含有飽和壓力最為假設，找出邊界問題的通解。

論文來源: Alexandrov S. and Jeng Y.-R. (2009) Compression of

Viscoplastic Material Between Rotating Plates, *Trans. ASME J. Appl.*

Mech. **76**(3), Paper 031017 become

$$\frac{dG}{d\varphi} = -\frac{2G \tan 2\varphi (\Phi \cos 2\varphi + w\mu G \tan^2 2\varphi)}{(w\mu G \tan^2 2\varphi + \Phi \cos 2\varphi + A)}$$

$$\frac{d\theta}{d\varphi} = \frac{\Phi \cos 2\varphi + w\mu G \tan^2 2\varphi}{\Phi \cos 2\varphi + A + w\mu G \tan^2 2\varphi}$$

$$\frac{df}{d\varphi} = -G \left(\frac{\Phi \cos 2\varphi + w\mu G \tan^2 2\varphi}{\Phi \cos 2\varphi + A + w\mu G \tan^2 2\varphi} \right)$$

其中 Λ 被定義為:

$$\Lambda(\varphi) = \frac{\bar{G}(\varphi)}{\cos 2\varphi}$$

而 Λ 方程式已被證實對最大摩擦表面的定性解有很大的影響，因此特

別在各列情況下進行了詳細地研究

$$G_0 \neq 0 \quad \text{and} \quad \lim_{\varphi \rightarrow \pi/4} \Lambda(\varphi) \rightarrow \infty$$

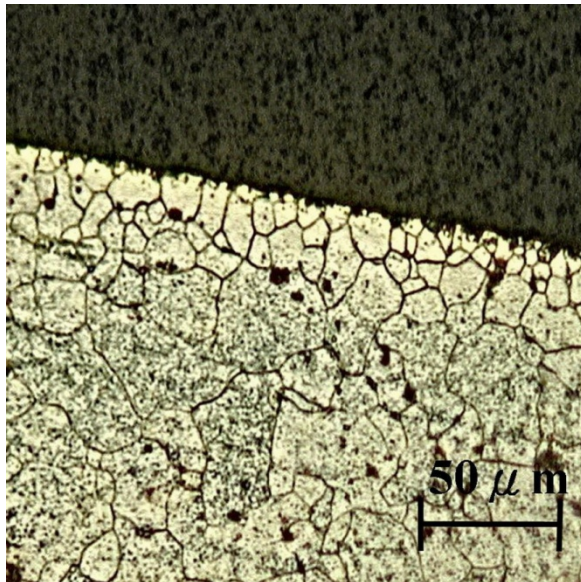
$$G_0 = 0 \quad \text{and} \quad \lim_{\varphi \rightarrow \pi/4} \Lambda(\varphi) \rightarrow C$$

$$G_0 = 0 \quad \text{and} \quad \lim_{\varphi \rightarrow \pi/4} \Lambda(\varphi) \rightarrow \infty$$

$$G_0 = 0 \quad \text{and} \quad \lim_{\varphi \rightarrow \pi/4} \Lambda(\varphi) \rightarrow 0$$

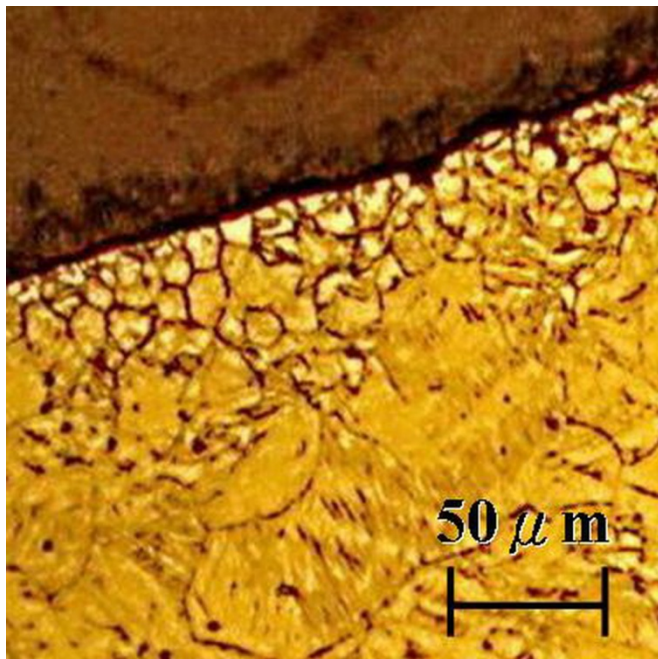
4/15

筆者與 Mishuris 教授先以 $\alpha < \pi/4$ 進行漸進分析，再分析前必須先找出其前瞻中心與中山大學完成實驗結果的關聯性，再根據這些結果因擠製過程中強烈地塑性變形在最大摩擦表面產生出又薄又硬的硬化層，由下圖可以看出邊界有滑動的可能性，因此可知此變化層如圖所示是可以被預測的。



4/16

之後筆者與 Mishuris 教授再以 $\alpha < \pi/4$ 進行漸進分析，根據上述之前的實驗結果因擠製過程中強烈地塑性變形在最大摩擦表面產生出又薄又硬的硬化層，由下圖可以看出邊界在 $\alpha < \pi/4$ 不可能有滑動的可能性，因此可知此變化層如圖所示是不可以被預測的。



4/17

筆者引用剛塑性體與黏彈性體的通解做為比較，並結合結果總結出以剛塑性體求得應變強度因子在擠製過程的可能性。

如下表為討論與分析的結果：

	$\alpha < \pi/4$	$\alpha = \pi/4$	$\alpha > \pi/4$
$p = 0$	滑移, $\beta > 1$	無解	無解
$0 < p < 1$	黏住在沒有鋼性的區域, $p = 1 - \frac{1}{\beta} \Rightarrow \beta > 1$	無解	無解
$p = 1$	黏住在沒有鋼性的區域， 解可能存在於任何 β 和 λ		
$p > 1$	無解	無解	黏住在沒有鋼性的區域， $p = 1 + \frac{1}{\lambda}$

三、心得

本研究為中正大學前瞻製造系統頂尖研究中心與中山大學機械系共同合作，為了開發預測金屬在高速高應變率而變形使材料表面生成變化層的方法，透過之前使用不同角度的模具進行大量的擠製測試也得到了許多的實驗數據，然而隨著一系列實驗過程中卻發現了一個困難點，就是擠製過程中總是伴隨著溫升的效應，這使原本的以剛塑性體假設所推到出的應變率因子理論有了些微的變化，因此不得不延伸到粘性體去做解釋。因此只好與阿伯里斯特威斯大學 Mishuris 教授和中正大學前瞻科技部的亞歷山大教授共同提出的粘性體理論，即當有效應力趨近於一個有限值時，等校應變率將會趨近於無窮大來假設，其相關論文來自 Alexandrov S. and Mishuris G. (2009)

Qualitative Behavior of Viscoplastic Solutions in the Vicinity of Maximum-Friction Surfaces, *J. Eng. Math.*, **65**(2), 143-156.

而透過一系列運算發現基於此假設所得到的解正剛好與此理論在最大摩擦表面的剛塑性體的解非常相似，因此為了將理論與之前得到的實驗結果結合，釐清粘塑性模型的數值與機械性質是非常有必要的。

這也是這次出差的主要目的，與漸進分析專家 Mishuris 教授一同討論以特定粘塑性溶液的最大摩擦表面進合實驗分析與探討。

這次訪問主要的結果就是利用粘塑性模型根據上述實驗進行了分類，

當等效應變率趨近於零或無限大時，會與粘塑性模型上的等效應力成相依性，而透過實驗證實而歸類出五種假設。

分別為：

1. 等效的應力接近於零的等效應變率趨近於零，等效應力趨於無窮大的等效應變率接近無窮大。
2. 等效應力不接近零的等效應變率趨近於零，等效應力趨於無窮大的等效應變率接近無窮大，並且等效的應力相對於該等效應變率的導數不接近零的等效應變速率趨近於零。
3. 等效應力不接近零的等效應變率趨近於零，等效應力趨於無窮大的等效應變率接近無窮大，並且等效的應力相對於該等效應變速率的導數接近零的等效應變率趨近於零。
4. 該等效應力不接近零的等效應變率趨近於零，等效應力接近一個有限值作為等效應變率接近無窮大，並且等效的應力相對於該等效應變率的導數不接近零作為等效應變速率接近零。
5. 該等效應力不接近零的等效應變率趨近於零，等效應力接近一個有限值作為等效應變率接近無窮大，並且等效的應力相對於該等效應變速率的導數接近零的等效應變率接近於零。

我們發現由這五種假設可以用來預測摩擦面附近劇烈塑性變形

的現象，因此對於擠製成型在摩擦界面因強烈塑變生成的薄又硬的變化層或許可以透過此方法來預測。為了達到最初的研究目的，持續與阿伯里斯特威斯大學合作研究開發是非常重要的，而最重要的下個步驟就是分辨哪個假設模型(第四 或第五)與實際擠製成型測試後的結果相比，何者才是最佳化模型。

四、 建議

阿伯里斯特威斯大學有一項計劃，邀請外國博士生當交換生，這可能是對於中正大學學生們出國研習的機會。

五、 攜回資料名稱及內容

1. 阿伯里斯特威斯大學粘彈性體及塑性變形摩擦表面性質相關論文。