



RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES DE CHAPAS DE ACERO Y SU COMPORTAMIENTO EN ENSAYOS DE FRICCIÓN Y DESGASTE

Jorge W. Insausti

Universidad Nacional del Sur

Director: Ing. Lucio Iurman

Trabajo de tesis para obtener el grado de Magíster en Ciencias y Tecnología de Materiales

Fecha de defensa 23 de setiembre de 2004

Resumen

El propósito de esta tesis ha sido estudiar la fricción y el desgaste de chapas de acero en condiciones similares a las que se producen durante el conformado de las mismas. A tal efecto, se completó y puso a punto un equipo de ensayos de fricción que simulan algunas de estas condiciones y se analizó la influencia de diversos parámetros, a saber:

- Rugosidad inicial de la chapa.
- Tipo de lubricante.
- Presión normal.
- Velocidad de deslizamiento.
- Cantidad de pasadas

En cuanto a la rugosidad inicial, se trabajó sobre dos chapas, una con acabado comercial (Chapa A) y la otra de calidad superior (Chapa B). Hay que destacar en este sentido que las diferencias, medidas en valores de parámetros de rugosidad, no parecerían significativas.

Los lubricantes elegidos fueron: uno, bastante usado como protector de las chapas contra una posible corrosión y daño desde su fabricación hasta su conformado, liviano y poco viscoso (Prelube), y otro muy viscoso recomendado para ciertos ensayos simulativos de embutido (TSD 996).

Las presiones normales sobre las chapas fueron la recomendada por una empresa automotriz para evaluar comportamientos de lubricantes (500 daN), y una sensiblemente menor (100 daN).

Las velocidades de deslizamiento siguieron, una a la recomendación mencionada (20 mm/min), y la otra, de un orden de magnitud superior (280 mm/min).

Se realizaron ensayos de una pasada y diez pasadas.

Introducción

La fricción es un fenómeno que está presente en prácticamente todos los procesos de conformado, en mayor o menor medida. Tiene dos manifestaciones principales: Por un lado, influye en las fuerzas o potencias puestas en juego para llevar a cabo el proceso. Por el otro, incide en la calidad superficial del producto [1].



Dado que las presiones puestas en juego durante un proceso de conformado son elevadas, y las velocidades de deslizamiento entre herramienta y material son bajas, los regímenes de lubricación que se generan en los procesos de conformado son usualmente diferentes de los estudiados para los órganos de máquinas, tales como los cojinetes, por ejemplo. Es muy común el contacto metal - metal de las superficies que rozan una contra la otra. Dentro de este esquema la calidad de las superficies en contacto juega un rol muy importante, tanto desde el punto de vista del coeficiente de roce, como del desgaste que pueda sufrir el material más blando [2, 3].

La combinación de valores que adoptan la viscosidad del lubricante utilizado, la presión ejercida entre las dos superficies en contacto y la velocidad de deslizamiento relativo de una superficie con respecto a la otra, hace que se pueda generar un régimen de lubricación mixta o límite. Esta circunstancia tiene mucho interés tecnológico, por cuanto incide en la magnitud de las fuerzas puestas en juego para llevar adelante un proceso de conformado en presencia de fricción, pero sobre todo porque da origen a calidades superficiales diferentes en el producto obtenido. Resulta por lo tanto necesario poder predecir el régimen que se establecerá en el proceso que se deba manejar, a los efectos de lograr los resultados deseados [4, 5].

En cuanto se refiere al conformado de las chapas metálicas, varios investigadores demostraron que la rugosidad superficial, tanto de la herramienta como de la chapa, es de gran importancia en estas operaciones. Ambas afectan no sólo el valor del coeficiente de fricción y el régimen de lubricación, sino también la calidad superficial de la pieza producida [6, 7].

En el caso de la herramienta, se debe distinguir entre el punzón y la matriz. En el caso del punzón, una mayor rugosidad colabora en soportar la carga de embutido a través de un incremento en el coeficiente de fricción. La matriz, por otra parte, conviene que sea más lisa, facilitando de este modo el deslizamiento del material hacia el interior de la misma [8, 9].

El efecto de la rugosidad superficial de la chapa es más complejo, y depende de las condiciones de lubricación. Probablemente esto se deba a la formación de bolsones de comportamiento hidrostático o hidrodinámico sobre la superficie, que disminuyen la fricción y colaboran en el éxito de la operación. Sin embargo, si esta lubricación es demasiado eficiente, separa totalmente la superficie de la chapa de la de la herramienta, con lo cual no se logra el efecto corrector que esta última puede ejercer sobre la primera [10, 11].

El estudio de las condiciones de fricción y desgaste en el conformado de chapas metálicas se está realizando actualmente trabajando sobre dos tipos de ensayos básicamente: Los ensayos de acopado, como el SWIFT de embutición, tanto con punzón plano como con uno semiesférico, [12] por un lado, y ensayos específicos de fricción, con equipos diseñados para tal fin, con diferentes tipos de placas simulando distintas condiciones de conformado [13]. Estos últimos permiten separar la incidencia de algunas variables tales como la fuerza normal, la velocidad de deslizamiento, la longitud de deslizamiento, etc., y analizar daños superficiales resultantes de las condiciones en que la chapa desliza sobre la herramienta.

Experiencias Realizadas

Los ensayos de fricción se realizaron con una máquina diseñada y construida en el Laboratorio de Metalurgia de la Universidad Nacional del Sur [14] que cumple con las características de los ensayos de fricción Inland [15] y Renault [13].

En la Figura 1 se muestra parte de la máquina durante un ensayo y un esquema del mismo.

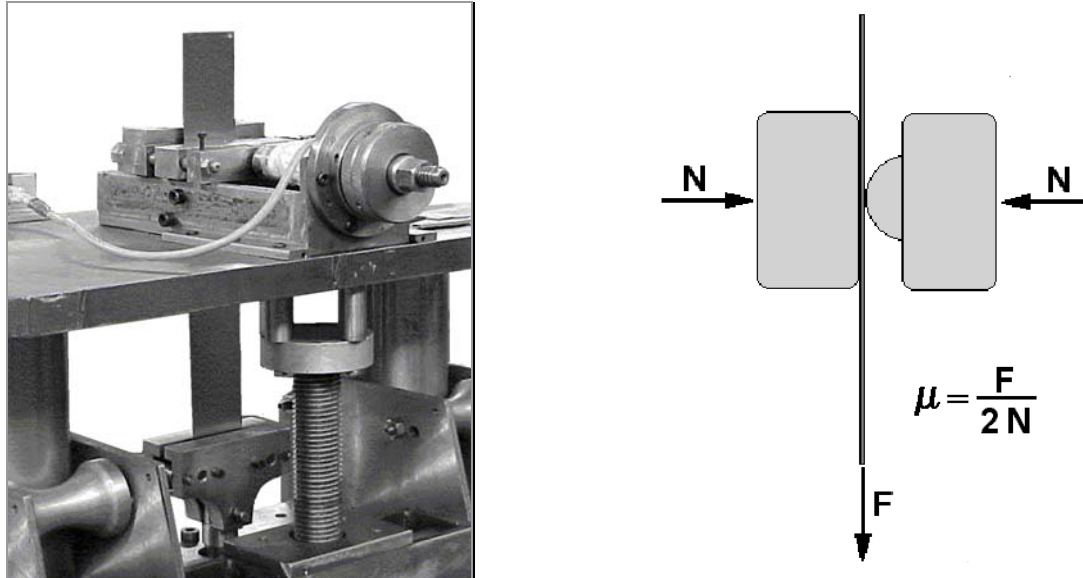


Figura 1. Máquina de ensayos de fricción construida en el Laboratorio de Metalurgia de la Universidad Nacional de Sur y esquema de funcionamiento.

Características de los materiales utilizados:

Se utilizaron tres tipos de lubricantes, dos líquidos y uno sólido:

Aceite TSD 996, recomendado para ensayo SWIFT. Viscosidad 764 cST.
 Aceite PRELUBE. Viscosidad 67 cST.
 Polietileno, 40 micrones de espesor.

Las dificultades para mantener la película de polietileno nos obligó a descartar los resultados de los ensayos realizados con ese lubricante.

Se usaron dos tipos de chapas de acero con las siguientes características:

	Chapa A	Chapa B
Espesor [mm]	0,97	0,91
Dureza HV5	93,4	93,4
Tamaño de grano ASTM	Entre 7 y 8	6
Rugosidad inicial Ra [μm] (Delante)	1.14	0.89
Rugosidad inicial Ra [μm] (Reverso)	1.2	0.82

Resultados

La posibilidad de medir la fuerza de arrastre permitió registrar ésta en función del tiempo como lo muestra la curva de la Figura 2.

Determinado el coeficiente de roce en cada pasada, se pudo levantar curvas de Coeficiente de rozamiento en función de las pasadas como se muestra en la Figura 3.

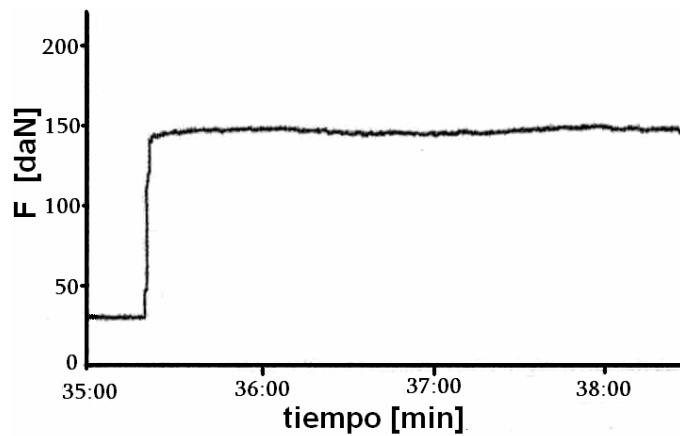


Figura 2. Fuerza de arrastre en función del tiempo.

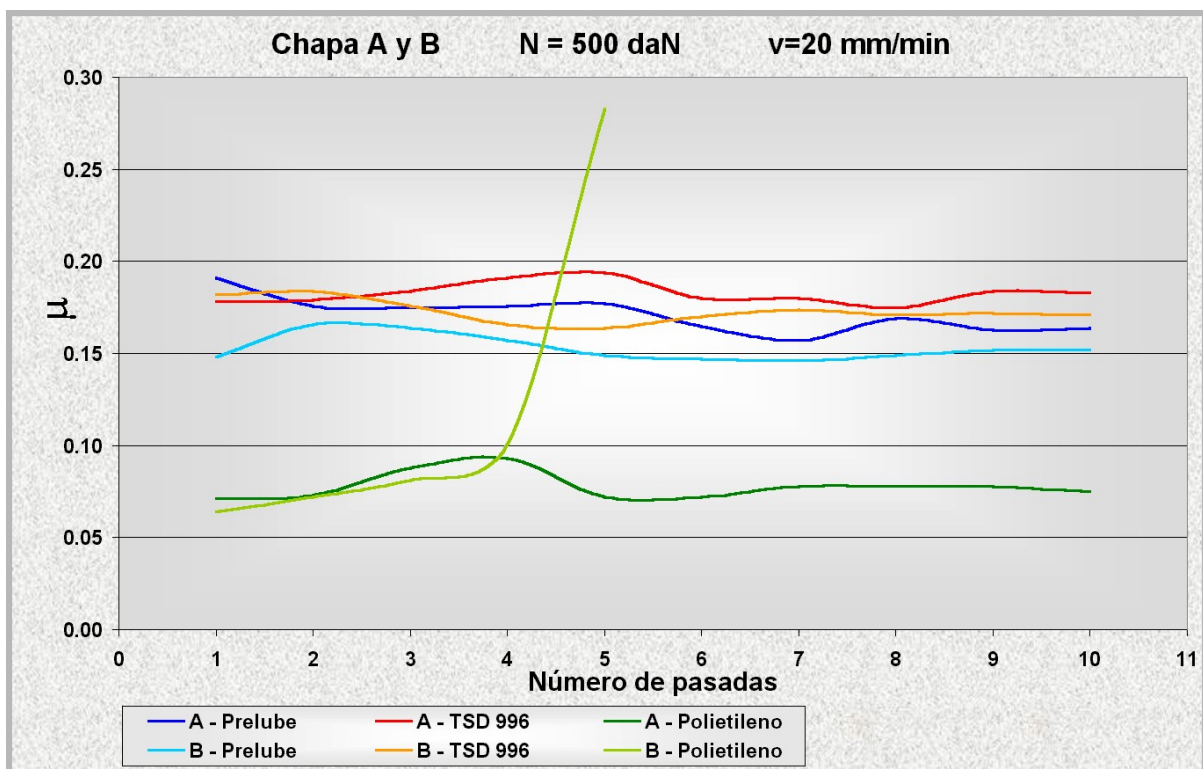


Figura 3. Variación del coeficiente de roce con el número de pasadas

El análisis superficial de las imágenes de Microscopía Electrónica de Barrido nos permitió comprobar que en los casos de coeficientes de fricción más elevados, la superficie de la chapa presentaba mayores zonas de contacto con la herramienta.

Los coeficientes de roce experimentales de primeras pasadas se relacionaron con las condiciones de ensayos a través de los coeficientes de Emmens [16]. Los resultados se muestran en la Figura 4.

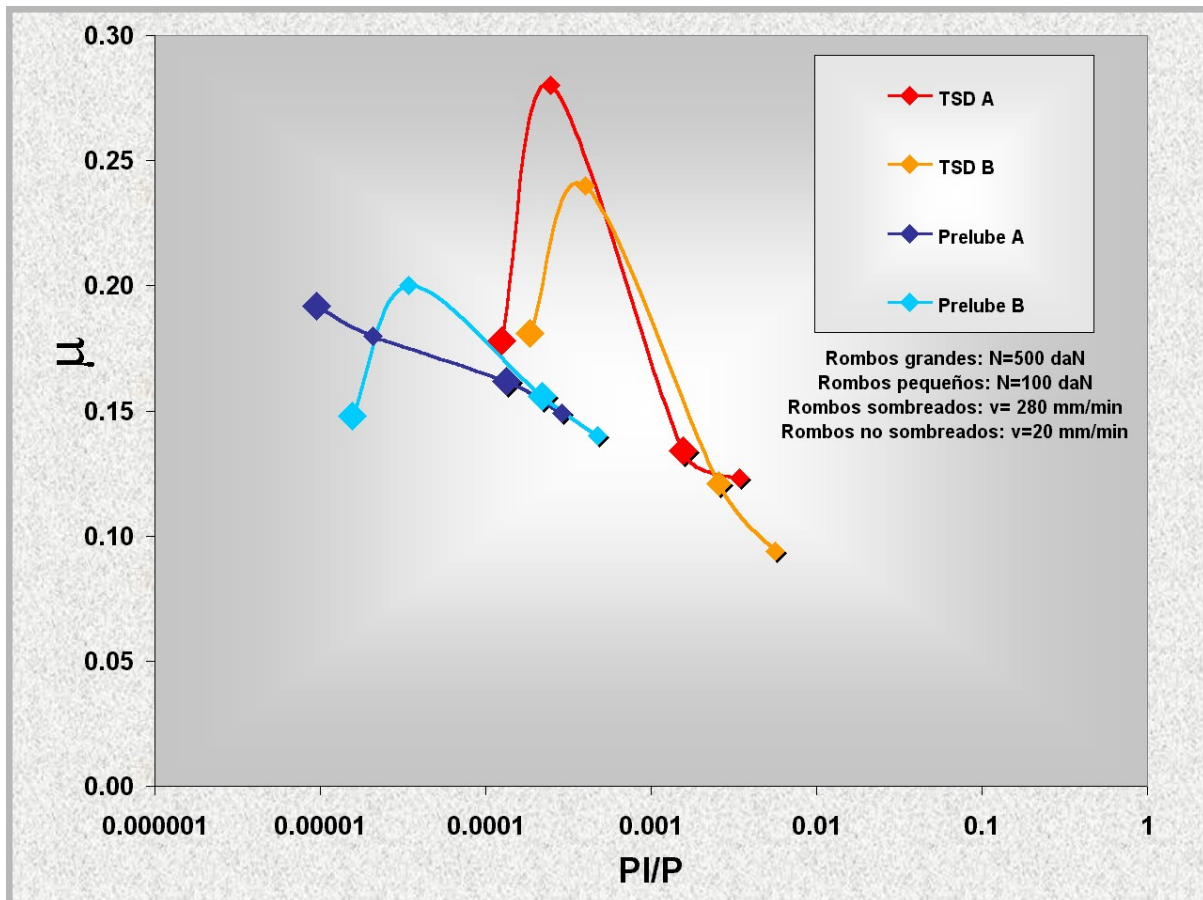


Figura 4. Curvas de Emmens de los ensayos realizados.

Conclusiones

Los ensayos llevados a cabo permitieron constatar que:

- Pese a la aparente pequeña diferencia en las rugosidades iniciales, los comportamientos de ambas chapas ensayadas mostraron ser sustancial y sistemáticamente diferentes.
- Las transiciones de regímenes de lubricación se produjeron en condiciones muy variadas, poniendo de manifiesto la interacción de todas las variables analizadas. Queda descartado de este modo un análisis más simplista como podría desprenderse en principio de una consideración de la curva de Stribeck [17] basada solamente en el efecto de la viscosidad del lubricante, la velocidad de deslizamiento y la presión normal sobre las superficies deslizantes.
- Los regímenes de lubricación encontrados mediante el análisis propuesto de curvas como la de Emmens indican que se puede dar la aparente paradoja de que, en función de las características superficiales de la chapa, un lubricante liviano sea más efectivo que uno más viscoso, por lo menos desde el punto de vista del coeficiente de roce.
- Se destaca la forma repetitiva de las variaciones de regímenes de lubricación encontrados según el patrón de Emmens, indicativo de similares micromecanismos en diferentes condiciones de combinación de los parámetros analizados. Este hecho no se había encontrado, de manera tan evidente, en los antecedentes consultados.



Estimamos que, entre otras causas, se puede deber al comportamiento de la capa subyacente a la superficie, cuyo estudio se podría profundizar mediante análisis con las herramientas de la mecánica del continuo y las teorías de plasticidad actualmente en uso.

Bibliografía

- [1] L. Iurman, C. A. Martínez Vidal, A. R. Saenz Lopez, "Introducción al trabajado mecánico", Vol. III, CNEA, 1985.
- [2] D. H. Lloyd "Lubrication for Press Forming", Sheet Metal Ind., 1996. Part I pp. 220-233 y Part II pp. 307-315.
- [3] F. P. Bowden, D. Tabor, "The Friction and Lubrication of Solids", Oxford at the Clarendon Press, 1958.
- [4] D.H.Lloyd "Lubrication for Press Forming", Sheet Metal Ind., 1996. Part III pp. 393 - 401 y Part IV pp. 432 - 447.
- [5] J. A. Schey, "Metal Deformation Processes: Friction and Lubrication", Ed. Dekker, 1970.
- [6] D. B. Wilson, "Lubrication and Formability in Sheet-Metal Working", Sheet Metal Ind., Dic. 1996, pp. 929 – 944.
- [7] B. Fogg, "Modern Development in Lubrication Theory and Practice for Deep Drawing", Sheet Metal Ind., 1976, pp. 294 - 304.
- [8] N. E. Mazini, L. Iurman, A. Saenz Lopez, A. O. Lucaioli, J. M. Blanco, "Influencia de los lubricantes en el ensayo Swift de Embutición". Presentado en las Jornadas Metalúrgicas organizadas por la Sociedad Argentina de Metales en 1972 y publicado por PROPULSORA SIDERURGICA.
- [9] A. S. M., "Metals Handbook" 8th Ed., Vol. 4, 1969, pp. 351 - 358.
- [10] D. H. Lloyd, "Lubrication for Press Forming", Sheet Metal Ind., 1996. Part II pp. 307 - 315 y Part III pp. 393 - 401.
- [11] B. Taylor, "Forming Testing of Sheet Metals", A. S. M., "Metals Handbook" 9th Ed., Vol. 14, 1988, pp. 877 - 899.
- [12] O. H. Kemmis, "The Assessment of the Drawing and Forming Qualities of Sheet Metal by the Swift Cup Forming Test", Sheet Metal Ind., Marzo 1957, pp. 203 - 208.
- [13] Méthode d'Essai D31 1738/--A "Toles – Aptitude au Glissement", Renault Vehicules Industriels, 1991.
- [14] A. O. Lucaioli, L. Iurman, J. W. Insausti, G. Bergé, D. Ziegler, "Diseño y construcción de una máquina de ensayo de fricción y desgaste para chapas metálicas". Memorias del V Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica., Mérida, Venezuela, 2001, pp 1401-1408.
- [15] L.M. Bernick, R.R. Hilsen, C.L. Wandrei, Wear, 48 (1978) pp.323-346
- [16] Emmens W. C., "The Influence of Surface Roughness on Friction", Proc. 15th IDDRG, Dearborn, 1988, pp 63-70.
- [17] H. S. Cheng, "Lubrication Regimes", in the ASM Handbook, Vol. 18, 1996, pp 89-97.