

5. CONCLUSIONES

A partir del presente trabajo, en el cual se estudió la influencia del avance y la velocidad de corte sobre la rugosidad superficial lograda en el proceso de torneado cilíndrico del acero AISI – 12L14, se lograron formular las siguientes apreciaciones a manera de conclusiones:

El avance constituye la variable de mayor influencia sobre el acabado superficial del material, el espaciamiento de los surcos formados por el radio de la herramienta son más visibles y sensibles a los parámetros de rugosidad, R_a y R_s ; a mayores avances se pueden obtener valores mayores de ellos. A menores avances se logra hacer una especie de “repasado” de la herramienta, sobre todo cuando el radio de la nariz es mayor que el avance por revolución utilizado, caso en el cual los valores de los parámetros de rugosidad serán menores.

La velocidad, constituye el concepto de rapidez en la ejecución del proceso, equivale a recorrer superficialmente la pieza en mayor o menor tiempo (menor o mayor velocidad de corte), y equivale a tener un contacto más o menos prolongado, lo que significa mayores tasas de generación de calor, que generan a su vez nuevos problemas centrados en la transferencia del mismo y en la asimilación de sus efectos.

La velocidad igualmente permite la ocurrencia de los eventos asociados con el corte: el corte, la adhesión y el arado, y los efectos superficiales que dejan una vez se ha operado sobre el material.

Una menor velocidad da lugar a ciertas condiciones de acabado visibles en el escamado de la superficie, un escamado espaciado que revela un tiempo mayor en la ocurrencia del ciclo de eventos asociados con el corte, (aplicación de fuerzas, generación de esfuerzos en la zona elástica, crecimiento de los esfuerzos

hasta la zona plástica, generación de deformaciones, flujo de deformaciones, y rotura del material); mientras que altas velocidades pueden llegar a interrumpir el ciclo en eventos intermedios dejando muestras irregulares del proceso y aún huellas mucho más cercanas que indican la ocurrencia del ciclo en menor tiempo .

Velocidades bajas dan lugar a rugosidades bajas, al incrementar su valor provocan el fenómeno de recrecimiento del filo y en consecuencia se aumenta la rugosidad y al adoptar valores altos se logran rugosidades con tendencia a estabilizarse en valores generalmente bajos.

Los efectos combinados del avance y la velocidad de corte influyen además de la obtención del acabado superficial, en el tiempo de procesamiento, la rata de remoción de material, la potencia consumida

La rata de remoción de material RRM aumenta claramente con los aumentos de avance y velocidad de corte.

Los tiempos de maquinado disminuyen en la medida que se incrementan las variables avance y velocidad de corte.

La potencia consumida en el proceso se incrementa con el incremento de las variables avance y velocidad de corte.

Las superficies obtenidas en las probetas son el producto de la combinación de los mecanismos de corte, adhesión y rotura de micro soldaduras (stick-slip) y arado.

Otras variables del proceso, como la geometría del sistema, la geometría de la herramienta, la profundidad de corte, la utilización de refrigerante, las condiciones de estabilidad, precisión y ajuste de la máquina, los armónicos de vibración de los sistemas de transmisión de la potencia, inciden notablemente sobre el acabado

superficial del material que se trabaja, alterando de alguna manera los mecanismos que operan durante el corte, proyectar un experimento que permita medir la influencia de cada variable es un reto posible de asumir, requiere un tamaño de muestra mayor, un manejo más complejo de las interacciones y una evaluación estadística de mayor orden.

Es posible lograr una aproximación a unas condiciones óptimas de operación para procesos de torneado cilíndrico del acero AISI - 12L14, a partir de las especificaciones de diseño de la pieza que se desea producir, con un valor para la Ra, un valor para la ondulación y el tipo de rayado que se requiere; conociendo la geometría de la herramienta que se usará; se puede realizar una aproximación al avance teórico que debe usarse mediante fórmulas teóricas que se manejan en los textos.

Conocido el avance teórico, y la rugosidad Ra se pueden utilizar los modelos de regresión lineal para los parámetros de rugosidad, obtenidos experimentalmente (Ver Tabla 16):

Tabla 16. Tabla de ecuaciones modelo estadístico para las variables de rugosidad

	V	V ²	f	f ²	Vf
Ra =	+0.0323193 V	- 0.000153888 V ²	+18.4536f	-16.2932 f ²	- 0.0251116Vf
Ry =	+0.295504V	-0.00137354 V ²	+78.1602f	-55.2084f ²	-0.176895Vf
Rz =	+0.283739V	- 0.00129075 V ²	+62.3698f	-33.6683f ²	-0.155452Vf
Rq =	0.059714V	- 0.000286375 V ²	+8.3522f	+0.62253f ²	-0.015768Vf
Rs =	2.27493V	- 0.0110789V ²	+392.674f	-180.778f ²	-0.556201Vf
Rsm =	2.05783V	- 0.0086719V ²	+636.966f	-536.715f ²	-0967366Vf

Y establecer un valor de velocidad de corte pronosticado como probable velocidad más útil para obtener la superficie especificada.

Los valores de avance y velocidad de corte obtenidos son válidos para profundidades de corte de 1 mm, valor con el cual se efectuaron los procesos experimentales.

6. RECOMENDACIONES

Para la realización de futuros trabajos que permitan desarrollar un conocimiento más integral y completo del comportamiento del acero AISI-12L14 frente a los procesos de maquinado, se sugiere:

1. Integrar las conclusiones obtenidas por diferentes investigadores mediante la utilización de diferentes metodologías, confrontar los resultados que aparecen como contrarios y formular afirmaciones que se repiten y refuerzan en todos los casos.
2. Utilizar y entrenar Redes Neuronales Artificiales, algoritmos genéticos y conjuntos Neuro-difusos, formulados por diferentes investigadores, mediante datos experimentales nuevos, que combinen el mayor número de factores que afectan el proceso y desarrollar mapas de caracterización del comportamiento del acero en un universo amplio de condiciones de corte.
3. Diseñar nuevos sistemas de monitoreo de la calidad superficial obtenida durante la operación de corte, en el acero AISI-12L14, mediante la integración de señales provenientes de los diferentes factores que determinan el proceso, por ejemplo: medición del desgaste de la herramienta, variación de la temperatura en la zona del corte, cambios en la reflexión de la luz sobre superficies maquinadas, etc. e integrar los resultados con los ya obtenidos en otros procesos experimentales.

7. REFERENCIAS

-
- ¹ Field M, Kahles JF. Review of surface integrity of machined components. Ann CIRP 1971;20:107–8.
- ² Bernardos PG, Vosniakos GC. Predicting surface roughness in machining: a review. International Journal of Machine Tools and Manufacturing. 2003; 43: pp 833–844.
- ³ Enache, Stefanuta (1972) La Qualité des Surfaces Usinées, Ed. Dunod, Paris
- ⁴ Shaw, M. C., (2005). Metal Cutting Principles, 3ra ed. Oxford University Press, New York.
- ⁵ Enache, Stefanuta (1972) La Qualité des Surfaces Usinées, Ed. Dunod, Paris
- ⁶ G. Boothroyd, W.A. Knight, Fundamentals of Machining and Machine Tools, Marcel Dekker, New York, 1988.
- ⁷ W. Grzesik, A revised model for predicting surface roughness in turning, Wear 194 (1996) 143–148.
- ⁸ S.C. Lin, M.F. Chang, A study on the effects of vibrations on the surface finish using a surface topography simulation model for turning, International Journal of Machine Tools and Manufacture 38 (1998) 763–782.
- ⁹ D.K. Baek, T.J. Ko, H.S. Kim, Optimization of feedrate in a face milling operation using a surface roughness model, International Journal of Machine Tools and Manufacture 41 (2001) 451–462.
- ¹⁰ C.-C.A. Chen, W.-C. Liu, N.A. Duffie, A surface topography model for automated surface finishing, International Journal of Machine Tools and Manufacture 38 (1998) 543–550.
- ¹¹ K.F. Ehmann, M.S. Hong, A generalized model of the surface generation process in metal cutting, CIRP Annals 43 (1994) 483–486.
- ¹² B.H. Kim, C.N. Chu, Texture prediction of milled surfaces using texture superposition method, Computer Aided Design 31 (1999) 485–494.

-
- ¹³ K.Y. Lee, M.C. Kang, Y.H. Jeong, D.W. Lee, J.S. Kim, Simulation of the surface roughness and profile in high speed end milling, *Journal of Materials Processing Technology* 113 (2001) 410–415.
- ¹⁴ O.B. Abouelatta, J. Madl, Surface roughness prediction based on cutting parameters and tool vibrations in turning operations, *Journal of Materials Processing Technology* 118 (2001) 269–277.
- ¹⁵ A.K. Ghani, I.A. Choudhury, Study of tool life, surface roughness and vibration in machining nodular cast iron with ceramic tool, *Journal of Materials Processing Technology* 127 (2002) 17–22.
- ¹⁶ D.Y. Jang, Y.G. Choi, H.G. Kim, A. Hsiao, Study of the correlation between surface roughness and cutting vibrations to develop an on-line roughness measuring technique in hard turning, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 36 (1996) 453–464.
- ¹⁷ C. Beggan, M. Woulfe, P. Young, G. Byrne, Using acoustic emission to predict surface quality, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 15 (1999) 737–742.
- ¹⁸ N.R. Dhar, S. Paul, A.B. Chattopadhyay, The influence of cryogenic cooling on tool wear, dimensional accuracy and surface finish in turning AISI 1040 and E4340C steels, *Wear* 249 (2001) 932–942.
- ¹⁹ P. Munoz-Escalona, Z. Cassier, Influence of the critical cutting speed on the surface finish of turned steel, *Wear* 218 (1998) 103–109.
- ²⁰ J.D. Thiele, S.N. Melkote, Effect of cutting edge geometry and workpiece hardness on surface generation in the finish hard turning of AISI 52100 steel, *Journal of Materials Processing Technology* 94 (1999) 216–226.
- ²¹ R. Baptista, J.F. Antune Simoes, Three and five axis milling of sculptured surfaces, *Journal of Materials Processing Technology* 103 (2000) 398–403.
- ²² S.A. Coker, Y.C. Shin, In-process control of surface roughness due to tool wear using a new ultrasonic system, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 36 (1996) 411–422.
- ²³ J.P. Davim, A note on the determination of optimal cutting conditions for surface finish obtained in turning using design of experiments, *Journal of Materials Processing Technology* 116 (2001) 305–308.

-
- ²⁴ I.A. Choudhury, M.A. El-Baradie, Surface roughness in the turning of high-strength steel by factorial design of experiments, *Journal of Materials Processing Technology* 67 (1997) 55–61.
- ²⁵ C.X.J. Feng, X. Wang, Development of empirical models for surface roughness prediction in finish turning, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 20 (2002) 348–356.
- ²⁶ J. Kopac, M. Bahor, Interaction of the technological history of a workpiece material and the machining parameters on the desired quality of the surface roughness of a product, *Journal of Materials Processing Technology* 92–93 (1999) 381–387.
- ²⁷ M. Thomas, Y. Beauchamp, A.Y. Youssef, J. Masounave, Effect of tool vibrations on surface roughness during lathe dry turning process, *Computers in Industrial Engineering* 31 (1996) 637–644.
- ²⁸ R. Azouzi, M. Guillot, On-line prediction of surface finish and dimensional deviation in turning using neural network based sensor fusion, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 37 (1997) 1201–1217.
- ²⁹ W.T. Chien, C.Y. Chou, The predictive model for machinability of 304 stainless steel, *Journal of Materials Processing Technology* 118 (2001) 442–447.
- ³⁰ P.V.S. Suresh, P. Venkateswara Rao, S.G. Deshmukh, A genetic algorithmic approach for optimization of surface roughness prediction model, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 42 (2002) 675–680.
- ³¹ B.Y. Lee, Y.S. Tarn, H.R. Lii, An investigation of modeling of the machining database in turning operations, *Journal of Materials Processing Technology* 105 (2000) 1–6.
- ³² X.P. Li, K. Iynkaran, A.Y.C. Nee, A hybrid machining simulator based on predictive theory and neural network modeling, *Journal of Materials Processing Technology* 89–90 (1999) 224–230.
- ³³ T. Matsumura, H. Sekiguchi, E. Usui, An evaluation approach of machine tool characteristics with adaptive prediction, *Journal of Materials Processing Technology* 62 (1996) 440–447.
- ³⁴ P.G. Benardos, G.C. Vosniakos, Prediction of surface roughness in CNC face milling using neural networks and Taguchi's design of experiments, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 18 (2002) 343–354.

-
- ³⁵ Y.H. Tsai, J.C. Chen, S.J. Lou, An in-process surface recognition system based on neural networks in end milling cutting operations, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 39 (1999) 583–605.
- ³⁶ S.J. Lou, J.C. Chen, In-process surface recognition of a CNC milling machine using the fuzzy nets method, *Computers in Industrial Engineering* 33 (1997) 401–404.
- ³⁷ S.-Y. Ho, K.-C. Lee, S.-S. Chen, S.-J. Ho, Accurate modelling and prediction of surface roughness by computer vision in turning operations using an adaptive neuro-fuzzy inference system, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 42 (2002) 1441–1446.
- ³⁸ *Machining data handbook*, 3era ed. (1980). Institute of advanced manufacturing sciences, inc. Technical staff of the Machinability Data Center, Helvetica and Bookman, Dayton Typographic Service, Dayton Ohio USA.
- ³⁹ *Machining data handbook*, 3era ed. (1980). Institute of advanced manufacturing sciences, inc. Technical staff of the Machinability Data Center, Helvetica and Bookman, Dayton Typographic Service, Dayton Ohio USA.
- ⁴⁰ *Machining data handbook*, 3era ed. (1980). Institute of advanced manufacturing sciences, inc. Technical staff of the Machinability Data Center, Helvetica and Bookman, Dayton Typographic Service, Dayton Ohio USA.
- ⁴¹ Enache, Stefanuta (1972) *La Qualité des Surfaces Usinées*, Ed. Dunod, Paris
- ⁴² Enache, Stefanuta (1972) *La Qualité des Surfaces Usinées*, Ed. Dunod, Paris
- ⁴³ Shaw, M. C., (2005). *Metal Cutting Principles*, 3ra ed. Oxford University Press, New York.
- ⁴⁴ *Machining data handbook*, 3era ed. (1980). Institute of advanced manufacturing sciences, inc. Technical staff of the Machinability Data Center, Helvetica and Bookman, Dayton Typographic Service, Dayton Ohio USA.
- ⁴⁵ P.V.S. Suresh, P. Venkateswara Rao, S.G. Deshmukh, A genetic algorithmic approach for optimization of surface roughness prediction model, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 42 (2002) 675–680.
- ⁴⁶ J.P. Davim, A note on the determination of optimal cutting conditions for surface finish obtained in turning using design of experiments, *Journal of Materials Processing Technology* 116 (2001) 305–308.

-
- ⁴⁷ P. Munoz-Escalona, Z. Cassier, Influence of the critical cutting speed on the surface finish of turned steel, *Wear* 218 (1998) 103–109.
- ⁴⁸ C.X.J. Feng, X. Wang, Development of empirical models for surface roughness prediction in finish turning, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 20 (2002) 348–356.
- ⁴⁹ P.G. Benardos, G.C. Vosniakos, Prediction of surface roughness in CNC face milling using neural networks and Taguchi's design of experiments, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 18 (2002) 343–354.
- ⁵⁰ Shaw, M. C., (2005). *Metal Cutting Principles*, 3ra ed. Oxford University Press, New York.
- ⁵¹ Enache, Stefanuta (1972) *La Qualité des Surfaces Usinées*, Ed. Dunod, Paris
- ⁵² J.P. Davim, A note on the determination of optimal cutting conditions for surface finish obtained in turning using design of experiments, *Journal of Materials Processing Technology* 116 (2001) 305–308.
- ⁵³ P. Munoz-Escalona, Z. Cassier, Influence of the critical cutting speed on the surface finish of turned steel, *Wear* 218 (1998) 103–109.

ANEXO 1

Tablas de valores experimentales de rugosidad para el torneado del acero AISI – 12L14 torneado a velocidad de corte y avance variables.

PROBETA # 1					
VELOCIDAD: 94.16 m/min					
AVANCE: 0.21 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
4,48	28,84	23,02	4,52	152	203
4,51	29,78	24,53	5,28	157	188
4,61	27,5	25,92	4,24	165	205
4,47	25,73	24,32	5,11	160	223
4,55	25,31	24,42	4,95	185	207
4,49	23,83	23,34	4,51	157	195
4,48	25,03	23,57	4,99	164	209
4,37	25,56	24,68	4,94	185	200
4,63	26,3	26,3	5,21	195	207
4,57	25,32	24,02	5,07	147	197
4,38	25,78	23,61	4,5	173	203
4,63	25,24	23,3	4,77	155	166
4,56	28,04	23,63	4,58	163	200
4,73	24,64	23,04	4,66	143	180
4,62	26,72	23,79	4,9	194	195
4,62	26,72	23,79	4,9	194	195
PROBETA # 3					
VELOCIDAD: 73.41 m/min					
AVANCE: 0.51 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
5,94	34,64	32,64	7	255	239
6,1	37,11	34,62	7,37	256	256
6,64	35,8	39,77	7,48	281	224

6,12	36,27	33,33	7,33	212	240
6,75	36,27	34,2	7,72	209	234
6,01	35,32	34,02	7,35	243	233
6,73	38,38	33,78	7,74	263	279
6,31	32,34	28,46	7,01	229	215
5,92	36,92	33,5	7,22	255	221
6,85	36,79	34,39	7,9	264	263
6,37	35,32	34,8	7,73	267	269
6,51	36,59	36,47	7,85	210	254
6,99	37,3	33,93	7,66	266	242
6,4	37,14	34,07	7,92	231	232
6,07	35,67	31,96	7,31	216	269
6,81	39,23	37,79	7,53	206	274
PROBETA # 4					
VELOCIDAD: 126.07 m/min					
AVANCE: 0.21 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
4,28	22,84	22,02	3,82	152	203
4,21	23,45	23,53	4,28	147	188
4,31	21,92	24,92	4,24	155	193
4,27	23,45	23,32	4,11	150	213
4,25	24,14	23,42	3,95	162	197
4,19	24,32	21,34	4,21	147	199
4,18	26,74	22,57	4,59	154	193
4,17	22,25	23,68	4,94	162	195
4,33	23,81	25,3	4,21	172	197
4,27	21,51	24,02	3,97	147	217
4,38	22,66	23,61	4,05	163	223
4,13	21,78	22,3	4,17	146	166
4,16	22,88	22,63	3,98	153	190
4,13	21,75	21,04	4,16	143	180
4,12	21,88	26,79	4,09	144	208
4,13	22,38	23,44	4,19	151	221

PROBETA # 5					
VELOCIDAD: 57.45 m/min					
AVANCE: 0.06 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
2,24	16,33	15,44	2,99	166	135
2,57	15,81	16,29	3,41	150	110
2,63	16,1	15,47	3,18	122	119
2,63	16,9	16,95	3,36	142	145
2,04	16,17	14,75	2,48	141	151
2,14	17,38	16,18	2,71	147	135
2,11	15,77	14,28	2,6	146	146
2,31	16,85	15,81	2,46	141	156
2,44	15,97	14,25	3,04	120	146
2,73	17,25	16,76	3,37	116	138
2,6	17,46	16,55	3,38	118	144
2,2	16,42	15,8	2,87	142	144
2,78	17,69	16,1	3,58	145	142
2,58	17,28	16,36	3,38	140	137
2,71	17,07	17,26	3,48	143	145
2,73	17,91	16,39	3,35	166	152
PROBETA # 7					
VELOCIDAD: 73.41 m/min					
AVANCE: 0.21 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
4,36	22,84	22,8	4,69	161	199
4,41	23,93	22,71	4,7	159	172
4,64	23,84	22,91	4,81	152	187
4,39	23,33	23,06	4,74	159	178
4,23	22,26	19	4,39	149	172
4,29	24,22	21,15	4,68	180	195
4,04	22,19	20,8	3,93	167	180
4,1	24,67	22,57	4,34	170	191

4,37	24,1	21,16	4,68	180	198
4,11	26,45	20,35	3,9	168	194
4,24	25,69	22,97	4,47	185	186
4,43	25,03	22,08	4,81	183	194
4,39	24,82	21,74	4,57	192	192
4,08	25,02	22,21	3,95	165	185
4,33	24,3	22,87	4,52	192	188
4,28	24,66	21,25	4,84	176	198
PROBETA # 9					
VELOCIDAD: 36.7 m/min					
AVANCE: 0.51 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
6,98	33,87	28	5,85	224	242
6,14	29,57	27,1	6,02	210	237
6,04	32,88	28,1	6,22	221	248
5,71	29,62	29,39	5,72	233	257
5,75	28,51	28,99	5,76	231	242
6,15	28,57	27,83	5,9	213	236
5,6	29,43	29,36	5,69	198	238
6,48	28,99	27,33	5,37	235	244
5,41	29,28	28,98	5,56	242	233
5,6	30,08	28,52	5,94	213	239
6,05	31,21	27,57	5,56	213	238
5,9	29,46	26,87	6,17	227	249
5,64	30,89	31,85	5,96	217	227
5,41	29,19	26,58	5,92	213	242
5,36	30,08	28,13	5,81	216	252
5,27	31,63	27,68	5,52	217	261
PROBETA # 10					
VELOCIDAD: 57.45 m/min					
AVANCE: 0.51 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
5,67	35,34	33	6,85	224	242

5,08	34,77	29,1	6,02	210	248
6,04	35,72	33,2	6,92	241	257
5,21	34,86	32,39	6,12	233	252
5,55	35,03	34,99	6,76	241	236
5,74	34,05	32,83	6,9	223	248
6,44	34,93	33,36	6,69	218	244
5,36	32,84	31,33	6,37	235	223
5,39	33,76	32,98	6,56	242	239
5,72	32,33	32,52	6,94	213	238
5,4	32,19	31,57	6,56	213	249
5,18	32,43	30,87	6,17	237	227
5,82	33,76	31,85	6,96	227	242
5,91	32,17	30,58	6,02	223	252
5,13	32,67	31,13	6,31	226	261
5,46	31,77	31,68	6,52	217	218
PROBETA # 14					
VELOCIDAD: 94.16 m/min					
AVANCE: 0.06 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
2,41	18,98	19,87	3,34	133	134
2,41	17,74	18,55	3,19	138	126
2,47	19,31	18,89	3,3	126	144
2,7	19,03	19,24	3,54	125	140
2	18,66	18,03	3,69	120	122
2,87	18,72	20,64	3,49	122	132
2,69	20,32	20,75	3,51	124	141
2,51	21,07	18,2	3,4	130	136
2,5	19,83	19,12	3,4	137	126
2,45	19,36	19,35	3,31	130	122
2,15	18,04	19,54	3,74	120	140
2,23	21,9	18,88	3,41	136	122
2,89	18,65	17,59	3,49	131	130
2,91	20,04	20,45	3,5	127	127

2,43	20,79	19,84	3,48	136	133
2,29	18,85	18,62	3,6	134	134
PROBETA # 15					
VELOCIDAD: 57.41 m/min					
AVANCE: 0.21 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
3,98	25,1	19,62	3,73	160	191
3,78	22,48	20,78	3,97	155	187
3,85	26,56	19,83	3,99	150	164
3,95	26,7	18,85	3,74	158	166
4,2	25,65	20,81	3,42	155	186
3,91	27,06	20,58	3,69	150	191
4,1	25,19	20,57	3,92	176	198
4,13	26,04	20,2	3,84	161	192
3,76	24,85	18,38	3,84	160	186
3,79	25,59	19,2	3,6	145	168
3,97	24,93	20,62	3,71	168	203
4,05	25,95	21,37	3,62	164	195
4,01	26,69	21,28	3,82	169	199
4,15	24,6	19,07	3,45	172	179
4,29	25,46	20,62	3,69	173	202
4,47	25,92	21,31	3,94	162	186
PROBETA # 16					
VELOCIDAD: 126.07 m/min					
AVANCE: 0.51 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
4,53	23,58	24,13	5,52	208	300
4,55	24,13	24,46	5,46	219	269
4,13	25,48	25,39	5,18	198	233
4,5	28,46	26,18	5,63	223	184
4,58	24,87	22,73	5,51	241	270
4,63	26,07	26,01	5,69	261	242
4,2	24,77	23,44	5,14	199	207

4,45	26,42	25,57	5,5	198	240
4,24	24,47	23,68	5,15	196	168
4,73	25,14	25,27	5,71	266	239
4,45	25,47	25,67	5,46	215	221
4,29	26,02	25,13	5,19	213	213
4,52	26,47	24,44	5,47	242	311
5,08	29,13	28,03	6,35	271	195
4,14	23,48	23,28	5,03	215	251
4,47	23,86	22,66	5,42	180	191
PROBETA # 18					
VELOCIDAD: 73.41 m/min					
AVANCE: 0.06 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
2,94	16,51	16,53	3,54	99	144
2,35	14,21	15	2,91	123	128
2,75	18,17	19,17	3,4	114	123
2,48	15,62	18,27	3,18	125	152
2,72	16,71	17,98	3,52	128	157
2,3	19,82	13,17	2,83	135	140
2,21	16,99	15,88	2,97	117	137
3,11	16,03	17,53	3,8	116	168
2,55	19,53	18,89	3,38	121	142
2,49	18,56	15,8	3,13	101	137
3,46	22,46	20,79	4,34	141	150
2,91	18,75	15,82	3,64	130	145
2,44	16,81	19,47	3,27	106	138
2,77	19,15	16,79	3,42	130	141
2,43	18,94	16,77	3,19	107	137
2,25	16,78	15,27	2,86	128	140

PROBETA # 22					
VELOCIDAD: 36.7 m/min					
AVANCE: 0.06 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
1,95	15,21	12,11	2,41	117	134
1,63	15,06	11,47	2,12	148	120
2,35	15,97	12,94	2,88	119	151
1,71	14,60	12,15	2,18	102	137
2,07	12,28	12,1	2,59	138	133
1,95	15,51	14,8	2,55	106	160
2,11	14,86	12,83	2,62	114	131
1,73	14,17	13,09	2,34	155	159
1,72	14,65	12,11	2,22	162	121
2,03	16,06	12,28	2,57	132	138
2,44	15,04	17,2	3,15	170	139
2,28	17,96	16,75	3,13	149	162
1,73	14,87	12,57	2,15	167	122
2,12	14,84	14,08	2,65	151	127
1,81	21,35	14,31	2,34	127	152
2,33	13,79	16,08	2,92	114	124
PROBETA # 25					
VELOCIDAD: 159.59 m/min					
AVANCE: 0.06 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
1,75	13,78	11,8	2,28	121	143
1,6	14,86	11,07	2,08	99	129
1,72	15,80	15,43	2,36	114	124
1,92	19,41	15,55	2,58	118	115
1,73	11,73	10,41	2,08	91	128
2,15	18,30	12,98	2,6	90	130
1,95	15,80	12,57	2,47	97	113
1,48	13,74	12,01	1,91	89	105
2,04	14,32	13,75	2,53	105	114

1,86	14,19	13,96	2,49	101	142
2,23	16,25	18,49	2,89	125	125
1,74	11,94	11,63	2,17	85	123
1,74	11,91	12,45	2,29	119	170
1,48	14,34	11,71	1,87	98	136
1,71	12,27	10,03	2,06	110	205
2,04	13,65	11,48	2,38	95	206
PROBETA # 26					
VELOCIDAD: 159.59 m/min					
AVANCE: 0.51 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
5,16	29,52	24,15	6,08	206	274
4,68	22,38	21,68	5,54	176	218
4,72	27,91	25,62	5,65	240	239
4,55	22,89	22,2	5,41	155	246
4,66	25,71	23,84	5,54	199	241
4,57	31,35	26,16	5,6	214	317
5,32	27,45	27	6,41	217	221
4,87	29,64	24,85	5,91	197	197
5,58	28,62	27,52	6,52	221	236
4,9	26,98	25,57	5,87	213	207
4,96	26,14	27,23	5,91	187	222
4,27	22,96	22,25	5,51	238	202
4,48	23,52	23,6	5,36	179	237
4,86	29,64	27,78	5,86	214	236
5,07	28,89	28,18	6,04	290	305
4,93	23,39	24,35	5,75	163	201
PROBETA # 29					
VELOCIDAD: 36.7 m/min					
AVANCE: 0.21 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
3,91	24,79	18,58	2,77	152	188
3,74	21,78	19,25	2,96	146	180

3,81	22,22	19,27	3,53	141	185
3,97	22,10	19,21	2,65	144	183
3,69	21,36	20,48	3,07	135	180
3,93	23,91	19,31	3,07	136	162
3,75	22,12	20,92	3,54	132	165
3,83	21,05	19,77	3,27	149	179
3,91	21,17	19,59	3,05	140	164
3,75	21,56	18,73	2,9	138	175
3,38	20,17	17,38	2,99	147	190
3,55	19,88	16,46	2,96	158	186
3,75	23,52	20,02	3,38	142	182
3,86	22,45	20,07	3,44	149	195
3,97	21,21	17,24	3,2	137	179
3,59	20,31	16,9	3,23	150	176
PROBETA # 30					
VELOCIDAD: 126.07 m/min					
AVANCE: 0.06 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
2,15	19,37	15	2,69	94	100
2,42	19,47	16,06	3,09	97	174
2,51	19,68	17,96	3,42	120	110
3,12	18,20	18,02	3,75	96	231
2,62	14,55	15,54	3,27	137	161
2,41	19,44	22,15	3,38	115	109
2,43	22,47	18,86	3,15	119	106
2,62	18,99	19,15	3,31	132	172
2,24	17,75	14,95	2,93	132	129
2,58	20,22	18,21	3,5	141	132
2,23	16,18	15,09	2,93	128	159
2,86	18,75	17,17	3,63	134	170
2,61	21,65	17,72	3,24	138	162
2,59	24,22	19,68	3,62	122	99
3,14	18,88	16,34	3,72	125	149

2,93	18,01	15,08	3,48	117	268
PROBETA # 32					
VELOCIDAD: 159.59 m/min					
AVANCE: 0.21 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
3,69	20,66	21,22	3,77	145	152
3,55	20,37	18,94	4,01	145	186
3,53	19,89	19,55	3,66	136	174
3,58	19,17	18,01	3,75	156	175
3,51	20,58	20,86	3,97	147	185
3,79	19,52	20,57	4,05	131	177
3,53	21,43	21,26	3,79	140	183
3,6	23,28	19,92	3,88	143	169
3,48	20,37	19,57	3,69	139	174
3,56	22,64	21,2	3,81	130	187
3,46	21,03	20,13	3,72	129	192
3,57	19,84	19,6	4,07	141	197
3,65	18,21	21,4	3,94	135	187
3,58	19,68	19,94	3,84	149	167
3,41	19,37	20,01	3,71	147	176
3,53	19,30	19,99	4,04	138	180
PROBETA # 33					
VELOCIDAD: 94.16 m/min					
AVANCE: 0.51 mm/rev					
Ra	Ry	Rz	Rq	Rs	Rsm
5,36	29,64	27,69	6,42	261	246
5,6	37,02	31,42	6,59	243	272
4,98	28,51	25,59	5,97	246	261
5,07	28,73	27,6	6,14	205	231
4,91	26,39	25,41	6,1	199	227
5,45	32,50	27,14	6,4	243	278
5,31	32,38	28,65	6,54	215	186
4,79	31,44	29,13	5,89	262	249

5,54	30,75	27,12	6,68	220	224
5,11	26,87	24,46	6,16	167	207
5,46	31,05	31,32	6,63	200	238
6,18	31,89	29,42	7,26	244	313
6,15	31,81	34,17	7,55	262	183
5,05	29,85	25,94	6,19	268	306
4,69	28,86	24,26	5,77	204	247
5,44	29,12	29,91	6,61	217	268

ANEXO 2



EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD SUPERFICIAL DEL ACERO AISI-12L14 PARA MAQUINARIA, SOMETIDO A PROCESOS DE MAQUINADO

Autor: Jorge Enrique Posada Ramírez

Director: Juan Manuel Vélez Restrepo

Tesis de Grado Maestría en Ingeniería de Materiales y Procesos

Facultad de Minas

Universidad Nacional de Colombia

Sede Medellín

2009-I

RESUMEN

Existe una creciente demanda, en todos los sectores de la economía, por la fabricación de máquinas, equipos y elementos componentes con altas especificaciones técnicas, confiabilidad y desempeño sobresalientes, a precios razonables. La calidad de las superficies de los componentes que se fabrican en materiales metálicos, mediante procesos con arranque de viruta, como el torneado, depende de una adecuada combinación de las variables que gobiernan el proceso. Una manera de calificar las superficies obtenidas, se basa en la caracterización de la rugosidad y en la derivación de patrones que permitan controlar los procesos, soportados en el conocimiento de la influencia de las

variables más determinantes. Este trabajo presenta el comportamiento de la rugosidad obtenida en la superficie de un acero AISI 12L14, sometido al proceso de torneado cilíndrico.

PALABRAS CLAVE: Corte de metales, calidad superficial, rugosidad, torneado, aceros de libre maquinado

ABSTRACT

There is a growing demand in every economical field, to produce components, equipments and machinery with high technical specifications, excellent reliability and performance with reasonable prices. The quality of the surface of metallic components elaborated by chip cutting process like turning, depends on a suitable combination of principal process parameters. A practical way to qualify the surfaces is to characterize roughness and derive standards to process control supported by more influent process variables knowledge. This work present the roughness behavior for a cylindrical turned AISI 12L14 steel.

KEYWORDS: Metal cutting, surface quality, roughness, turning, free machining steel.